

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3 (67), 2022

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2022

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 3 (67), 2022

Branches of science:

- agricultural sciences

- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2022

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

**№ 3 (67), 2022
Отрасли науки:**

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия
06.02.00 Ветеринария и Зоотехния
05.20.00 Процессы и машины
агроинженерных систем

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

**№ 3 (67), 2022
Branches of science:**

- agricultural sciences
- technical science

Specialty groups:

06.01.00 Agronomy
06.02.00 Veterinary and Animal
Science
05.20.00 Processes and machines of
agroengineering systems

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 3 (67), 2022

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19.02.2010 г. № 686 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал индексируется в международных информационных системах **Web of Science (RSCI), Agricultural Research Information System (AGRIS).**

Официальный партнер международной организации **DOI Foundation (IDF)**, международной Ассоциации **Publishers International Linking Association (PILA)**, международного регистрационного агентства **CrossRef.**

Главный редактор – Шанров М.Н., доктор технических наук, профессор, председатель редакционного совета, Волгоградский ГАУ

Заместители главного редактора:

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, зам. председателя редакционного совета, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 3 (67), 2022

According to the decision of Presidium of Higher certifying commission of Ministry of Education and science of Russia in 19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of leading peer-reviewed journals and issues where candidate and doctoral degree thesis basic scientific results can be published.

The journal is indexed in the International Information Systems **Web of Science (RSCI), Agricultural Research Information System (AGRIS).** Official partner of the International Organization **DOI Foundation (IDF), The Publishers International Linking Association (PILA),** and The International Registration Agency **CrossRef**

Editor-in-chief - M.N. Shaprov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University.

Deputy chief editor:

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Deputy Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – *Шанров М.Н.*, доктор технических наук, профессор, председатель редакционного совета, Волгоградский ГАУ

Заместитель главного редактора – *Фомин С.Д.*, д.т.н., зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, зам. председателя редакционного совета, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

Заместитель главного редактора – *Бочарников В.С.*, д.т.н., Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА
<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

Каштанова Е.Г., доктор, профессор, декан факультета с.х., экотрофологии и ландшафтного развития, Анхальтский университет прикладных наук, г. Бернбург (Германия)
<https://www.hs-anhalt.de/en/university/service/directory-of-people/prof-dr-elena-kashtanova.html>

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНИЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsb.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtml>

Лихачевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)
<http://nasb.gov.by/rus/members/>

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief - *M.N. Shaprov*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

Deputy Editor in Chief - *Fomin S.D.*, Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Deputy Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

Deputy editor in chief - *Bocharnikov V.S.*, Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Dubenok N.N., **Academician of the RAS**, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kashtanova E.G., Doctor, Professor, Dean of the Faculty of Agriculture, Ecotrophology and Landscape Development, Anhalt University of Applied Sciences, Bernburg, Germany

Kulik K.N., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences

Likhatsevich A.P., **Corresponding Member, National Academy of Belarus**, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Melikhov V.V., **Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences**, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Петрович Милан, доктор биотехнических (сельскохозяйственных) наук, профессор, зам. директора по науке, Институт животноводства, г. Белград, Земун (Сербия)

Рулев А.С., академик РАН, Волгоградский государственный университет
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

Сейдави Алиреза, доктор наук, профессор кафедры кормления с./х. животных факультета зоотехнии, гл. редактор Иранского журнала прикладной зоотехнии, Директор подразделения по науке и технологиям Исламского университета Азад, Раштский филиал (Иран)

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Сулаймонов Б.А., академик АН РУз, доктор биологических наук, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, г. Ташкент (Узбекистан)
<http://agriculture.uz/ru.php?/scientists/detail/28>

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия)
<http://english.ke.hu/university/managing-board>

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf>

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/miladin-sevarlic-eng.pdf>

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сената Чешского земледельческого университета в Праге (Чехия)
<http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39>

Щедрин В.Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)
<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich->

Petrovich Milan, Doctor of biotechnical (agricultural sciences), Professor, deputy Director for Science, Institute of Livestock, Belgrade, Zemun (Serbia)

Rulev A.S., Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State University

Seidavi Alireza, Doctor of Science, Professor of the Department of Farm Animal Feeding of the Faculty of Animal Science, Editor-in-Chief of the Iranian Journal of Applied Animal Science, Director of the Science and Technology Division of the Islamic Azad University, Rasht Branch (Iran)

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Sulaimonov B.A., academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, Rector of the Tashkent State Agrarian University, Tashkent (Uzbekistan)

Savaii Ferenc, Professor, Doctor, Rector of Kaposvar University (Hungary)

Shagovnovich Dragan A., Director of the Institute of Economics, Belgrade (Serbia)

Shevarlich Miladin M., Doctor of Agricultural Economics, Professor of Agricultural Economics and Cooperatives, Head of the Department of Agricultural Economics and Market, University of Belgrade, Chairman of the Society of Agro-Economists of Serbia (Serbia)

Shilerova Edith, Ph.D., member of the Academic Senate of the Czech Agricultural University in Prague (Czech Republic)

Shchedrin V.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Кимсанбаев О.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, компания «Ajlan and Bros. Holding group», Эр-Рияд (Саудовская Аравия)

Kimsanbaev O.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Expert of «Ajlan and Bros. Holding group», Riyadh (Saudi Arabia)

Беленков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, РГАУ-МСХА

Belenkov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, РГАУ-МСХА

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с., директор НИИ перспективных технологий и инноваций в АПК, Волгоградский ГАУ

Chamurliiev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Research Institute of Advanced Technologies and Innovations in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

Овчинников А.С., академик РАН, д.с.-х.н., профессор, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», Волгоградский ГАУ

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State Agrarian University

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА

Dubenok N.N., Academician of the of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с., директор НИИ перспективных технологий и инноваций в АПК, Волгоградский ГАУ

Кулик А.К., кандидат сельскохозяйственных наук, ФНИЦ Агроэкологии РАН

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

Танюкевич В.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова - филиал ДонГАУ

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Бочарников В.С., д.т.н., Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

Васильев С.М., доктор технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Пахомов А.А., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.01.04 Агрохимия

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Melikhov V.V., corresponding member of Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Research Institute of Advanced Technologies and Innovations in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University

Kulik A.K., Candidate of Agricultural Sciences, National Science Center of Agroecology RAS

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

Tanyukevich V.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Novocherkassk Engineering Reclamation Institute named after A.K. Kortunov - branch of Don State Agrarian University

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (technical Sciences)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Vasiliev S.M., Doctor of Technical Sciences, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Pakhomov A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.04 Agrochemistry

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

Кимсанбаев О.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, компания «Ajlan and Bros. Holding group», Эр-Рияд, Саудовская Аравия

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.01.06 Луговоеводство и лекарственные эфирно-масличные культуры

Тютюма Н.В., **член-корреспондент РАН, профессор РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.01.07 Защита растений

Сулаймонов Б.А., **академик АН РУз**, доктор биологических наук, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, г. Ташкент (Республика Узбекистан)

Родин С.А., **академик РАН**, зам. директора, Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

Kimsanbaev O.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Expert of «Ajlan and Bros. Holding group», Riyadh (Saudi Arabia)

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

Tyutyuma N.V., **corresponding member of RAS, Professor of RAS**, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.07 Plant Protection

Sulaimonov B.A., **academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan**, Doctor of Biological Sciences, Rector of the Tashkent State Agrarian University, Tashkent (Uzbekistan)

Rodin S.A., **Academician of the RAS**, Deputy Director, All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Пасхалидис Христос, профессор, Почетный профессор, Технологический образовательный институт, г. Каламата (Греция)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

06.01.09 Овощеводство

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

Дерезина Т.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Донской государственный технический университет

Рыжкова Г.Ф., доктор биологических наук, профессор, Курская ГСХА им. Иванова И.И.

06.01.08 Fruit growing, viticulture

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Paschalidis Christ, Professor, Emeritus Professor, Technological Educational Institute Of Kalamata, Kalamata (Greece)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

06.01.09 Vegetable-growing

Melikhov V.V., corresponding member of Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

06.02.01 Diagnostics of diseases and animal therapy, pathology, oncology and animal morphology

Yatusевич A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedeneev, Volzhsky

Derezina T.N., Doctor of Veterinary Science, Professor, Don State Technical University

Ryzhkova G.F., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy named after Ivanova I.I.

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология

06.02.02 Veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Беларусь)

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Сашина Л.Ю., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунологии, Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАН

Sashnina L.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head Laboratory of Immunology, All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Academy of Sciences

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedeneev, Volzhsky

Ряднова Т.А., кандидат биологических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Ryadnova T.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

Сашина Л.Ю., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунологии, Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАН

Sashnina L.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head Laboratory of Immunology, All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Academy of Sciences

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedeneev, Volzhsky

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Стекольников А.А., доктор ветеринарных наук, профессор, **академик РАН**, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

06.02.05 Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

Авдеенко В.С., доктор ветеринарных наук, профессор, Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

Федотов С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская ГАВМиБ

Племяшов К.В., **член-корреспондент РАН**, доктор ветеринарных наук, директор ВНИИ генетики и разведения животных, Санкт-Петербург

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарская ГСХА

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Чеходариди Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, Горский ГАУ

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

06.02.05 Veterinary sanitation, ecology, zoohygiene and veterinary-sanitary examination

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

Avdeenko V.S., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova

Fedotov S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine

Plemyashov K.V., **Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Veterinary Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Genetics and Animal Breeding, St. Petersburg

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara State Agricultural Academy

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Chekhodaridi F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Gorsky State Agrarian University

**06.02.07 Разведение, селекция и генетика
сельскохозяйственных животных**

Горлов И.Ф., академик РАН, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Коханов А.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

**06.02.08 Кормопроизводство, кормление
сельскохозяйственных животных и техно-
логия кормов**

Горлов И.Ф., академик РАН, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)

Варакин А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.02.09 Звероводство и охотоведение

Коханов М.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

**06.02.10 Частная зоотехния, технология
производства продуктов животноводства**

Храмцов А.Г., академик РАН, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет

**06.02.07 Breeding, selection and genetics of
farm animals**

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of Volga research Institute of production and processing of meat and dairy products

Kohanov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

**06.02.08 Feed production, feeding of farm
animals and feed technology**

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of Volga research Institute of production and processing of meat and dairy products

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Varakin A.T., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Chamurliев N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

06.02.09 Fur farming and hunting

Kohanov M.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Chamurliев N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

**06.02.10 Private animal husbandry, pro-
duction technology of livestock products**

Khramtsov A.G., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Caucasian Federal University

Сложенкина М.И., доктор биологических наук, **член-корреспондент РАН**, профессор Волгоградского государственного технического университета, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Slokenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor of Volgograd State Technical University, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)

Lazlo Babinski, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Коханов М.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Kohanov M.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Натыров А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан аграрного факультета Калмыцкого государственного университета

Natyrov A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Agrarian Faculty of Kalmyk State University

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Chamurliiev N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

Шкаленко В.В., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Shkalenko V.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

Лихацевич А.П., **член-корреспондент Национальной академии Беларуси**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Likhatsevich A.P., **Corresponding Member, National Academy of Belarus**, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Борисенко И.Б., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Borisenko I.B., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Фомин С.Д., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Евдокимов А.П., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Ряднов А.И., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский ГАУ

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Борисенко И.Б., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Ряднов А.И., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Успенский И.А., доктор технических наук, профессор, Рязанский ГАТУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

Evdokimov A.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, Vice-rector, St. Petersburg State University

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Borisenko I.B., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Uspensky I.A., Doctor of Technical Sciences, Ryazan State Agrotechnological University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-01

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF PROMISING POTATO VARIETIES
AND FEATURES OF AGRICULTURAL TECHNIQUE ON LIGHT-CHESTNUT
SOILS OF THE VOLGOGRAD REGIONA.E. Novikov, A.A. Novikov, O.G. Gichenkova,
Yu.A. Laptina, K.A. Rodin¹ Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»,
Volgograd² Volgograd State Agrarian University, Volgograd³ Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow region

Received 26.07.2022

Submitted 24.08.2022

Abstract

Introduction. The effective development of the potato industry largely depends on the introduction of new, highly productive varieties into production, since this is the most important element in potato cultivation technology. Recently, varieties with high yields, resistance to common and harmful diseases, as well as easily adapting to adverse factors that manifest themselves during the growing season of plants, have been in the greatest demand. The selection of varieties and the study of the characteristics of the formation of yields in the conditions of the Lower Volga region is very significant and needs constant agroecological testing, as they create a scientifically based base in the regional production of potatoes. The purpose of the research is to study the productivity and quality indicators of potato varieties of domestic selection of different ripeness groups for the conditions of the Volgograd region. **Object.** Potato varieties are used, early-ripening – *Zhukovsky*, *Udacha*, *Krepish*, *Meteor*; medium-early – *Armada*, *Komandor*, *Mechta*, *Ariel*; medium-ripe – *Miraj*, *Krasa Mescheri*, *Fritella*, *Favorit*, *Vimpel*. **Materials and methods.** The studies were carried out at the Experimental Production Farm «Oroshaemoe» of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», in total 14 varieties were tested. The cultivation technology is ridge with Dutch elements; before planting, the soil was cultivated with a milling cutter with fertilizer application at a dose of $N_{90}P_{90}K_{30}$. Planting density - 50 thousand tubers / ha according to the scheme 0.75 x 0.25 m. The accounting plot is 4-row. The experiment is laid by the method of split plots with a single-tiered systematic arrangement of varieties. Plot area 75 m² (3.0 m x 25 m), accounting area 50 m². The area of the experiment was 0.2 ha. During the growing season, phenological observations were carried out, the content of dry matter (weight method) and starch (polarimetric method). After harvesting, the structure of the crop from one plant was determined (weight, number of tubers under a bush, weight of one tuber, yield per 1 ha), marketability. Irrigation method - sprinkling. The water regime in the studies was maintained by PP at the level of 80% HB. **Results and conclusions.** The maximum tuber accumulation is possible with the intensive development of the above-ground mass in all studied varieties; this is noted by mid-August, the growth of tops reached 300-760 gr. Subsequent counts carried out at the end of the growing season indicated the cessation of tuber growth due to the death of a significant part of the tops, but the pattern of increasing productivity by variety remained and amounted to 29.0-15.6%. The earliest harvest was obtained from varieties that form biomass simultaneously from tops and tubers in a short period: *Komandor*, *Udacha*, *Gulliver*, *Ariel*, *Armada*, *Krasa Mescheri*, a little later - from smoothly developing *Jukovsky*, *Miraj*, *Vimpel*, *Fritella* and much later – *Krepish*, *Mechta*, *Meteor*, *Favorit*, where during the vegetation of plants there are two successive periods, the formation of a bush and tuber accumulation. Based on the results of research on productivity, early varieties were noted: *Zhukovsky*, *Udacha*, *Krepish*, *Gulliver*, medium-early - *Ariel*, *Comandor*, medium-ripe – *Miraj*, *Vimpel*. So the mass of tubers in these varieties was 780-495 g, while in the rest it was somewhat less and was in the range of 450-260 g, yielding in productivity by 31.2-52.7% compared to the control (*Zhukovsky early*). The highest starch content is accumulated by the varieties of the mid-ripening ripeness group *Fritella*, *Krasa Mischeri* and *Vimpel* 18.12-16.34%, from the early and mid-early groups the varieties *Komandor*, *Mechta*, *Udacha* and *Gulliver* 15.13-14.01% stand out noticeably. The obtained results show that the use of high-quality planting material of highly productive varieties will significantly increase the yield and quality of products.

Key words: potato, variety, organoleptic indicators, productivity, ripeness group, productivity, starch, vitamin C.

Citation. Novikov A.E., Novikov A.A., Gichenkova O.G. Laptina Yu.A., Rodin K.A. Agroecological assessment of promising varieties of potato and features of agricultural technique on light-chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3 (67). 14-24 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-01.

Author's contribution. All the authors mentioned in this article were directly involved in the research and processing of the data obtained. All authors have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.491

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ И ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНИКИ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. Новиков¹, член-корреспондент РАН, доктор технических наук

А. А. Новиков¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

О. Г. Гиченкова^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник, доцент

Ю. А. Лаптина³, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

К. А. Родин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Дата поступления в редакцию 26.07.2022

Дата принятия к печати 24.08.2022

Актуальность. Эффективное развитие отрасли картофелеводства в значительной степени зависит от внедрения в производство новых, высокопродуктивных сортов, поскольку это является важнейшим элементом в технологии возделывания картофеля. В последнее время наибольшим спросом пользуются сорта, обладающие высокой урожайностью, устойчивостью к распространенным и вредоносным болезням, а также легко адаптирующиеся к неблагоприятным факторам, проявляющимся в процессе вегетации растений. Подбор сортов и изучение особенностей формирования урожайности в условиях Нижнего Поволжья является весьма значимым и нуждается в постоянном проведении агроэкологических испытаний, так как создают научно-обоснованную базу в региональном производстве картофеля. **Цель исследований** – изучение продуктивности и качественных показателей у сортов картофеля отечественной селекции разных групп спелости для условий Волгоградской области. **Объект.** Используются сорта картофеля, раннеспелые – Жуковский ранний, Удача, Крепыш, Метеор; среднеранние – Армада, Командор, Мечта, Ариэль; средне-спелые – Мираж, Краса Мещеры, Фрителла, Фаворит, Вымпел. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ОПХ «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ, всего на испытании находилось 14 сортов. Технология возделывания – гребневая с элементами голландской, перед посадкой проводили обработку почвы фрезой с внесением удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₃₀. Густота посадки – 50 тыс. клубней/га по схеме 0,75х 0,25 м. Учетная делянка – 4-х рядная. Опыт закладывается методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении сортов. Площадь делянки 75 м² (3,0 м х 25 м), учетная площадь – 50 м². Площадь опыта составила 0,2 га. В период вегетации проводили фенологические наблюдения, содержание сухого вещества (весовым методом) и крахмала (поляриметрическим методом). После уборки определяли структуру урожая с одного растения (масса, количество клубней под кустом, масса одного клубня, урожайность с 1 га), товарность. Способ полива – дождевание. Водный режим в исследованиях поддерживался ПП на уровне 80 % НВ. **Результаты и выводы.** Максимальное клубненакопление возможно при интенсивном развитии надземной массы на всех изучаемых сортах, это отмечается к середине августа, прирост ботвы достигал 300-760 г. Последующие учеты, проводившиеся в конце вегетации, свиде-

тельствствовали о прекращении прироста клубней из-за отмирания значительной части ботвы, но закономерность увеличения продуктивности по сортам сохранялась и составила 29,0-15,6 %. Самый ранний урожай получен от сортов, в короткий период формирующих биомассу одновременно из ботвы и клубней: Командор, Удача, Гулливер, Ариэль, Армада, Краса Мещеры, несколько позже – от плавно развивающихся Жуковский ранний, Мираж, Вымпел, Фрителла и значительно позже – Крепыш, Мечта, Метеор, Фаворит, где в течение вегетации растений существуют два последовательных периода, формирование куста и клубненакопление. Опираясь на результаты исследований по продуктивности, отмечаем ранние сорта: Жуковский ранний, Удача, Крепыш, Гулливер, среднеранние – Ариэль, Командор, среднеспелые – Мираж, Вымпел. Так, масса клубней у этих сортов составила 780-495 г, а у остальных она была несколько меньше и находилась в пределах 450-260 г, уступала в продуктивности на 31,2-52,7 % по сравнению с контролем (Жуковский ранний). Наиболее высокое содержание крахмала накапливают сорта среднеспелой группы спелости Фрителла, Краса Мещеры и Вымпел 18,12-16,34 %, из ранних и среднеранних групп заметно выделяются сорта Командор, Мечта, Удача и Гулливер 15,13-14,01 %. Полученные результаты показывают, что использование качественного посадочного материала высокопродуктивных сортов позволит значительно повысить урожайность и качество производимой продукции.

Ключевые слова: агротехника, картофель, сорта картофеля, органолептические показатели картофеля, урожайность картофеля.

Цитирование. Новиков А. Е., Новиков А. А., Гиченкова О. Г., Родин К. А. Лаптина Ю. А. Агроэкологическая оценка перспективных сортов картофеля и особенности агротехники на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 3 (67). 14-24. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-01.

Авторский вклад. Все авторы, указанные в настоящей статье, принимали непосредственное участие в проведении исследований и обработке полученных данных. Все авторы ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективность развития отрасли картофелеводства напрямую зависит от внедрения в производство новых перспективных сортов картофеля, а это возможно лишь при своевременном проведении агроэкологической адаптации изучаемого сорта и совершенствования технологии возделывания.

Подбору сорта отводится первоочередное значение, поскольку природно-климатические условия Нижневолжского региона не совсем благоприятно сказываются на росте и развитии данной культуры, но свойственная картофелю пластичность позволяет при научном подходе к агротехническим мероприятиям получать стабильно высокие урожаи и развивать внутрихозяйственное семеноводство, направленное на обеспечение крупных и мелких сельхозтоваропроизводителей качественным посадочным материалом [10].

Особого внимания заслуживают сорта отечественной селекции, выведенные на базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», которым свойственна стабильность качественных и количественных показателей в меняющихся условиях климата и способность противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды. Внедрение таких сортов позволит обеспечить высокий потребительский спрос на производимую продукцию, обеспечивая тем самым технологический подъем в картофелеводстве, поскольку сортообновление и сортосмена обеспечивают постоянный рост продуктивности, качества, устойчивости, усиливающих потребительский спрос на продукцию [1, 6].

Исследованиями Симакова Е. А. и Старовойтовой О. А. установлено, что в различные по метеорологическим условиям годы стабильные урожаи можно получать при правильном соотношении сортов разных групп спелости [9]. Научный подход к выбору сортов для конкретных почвенно-климатических условий в значительной степени влияет на урожайность, качество, себестоимость и рентабельность отрасли [8].

Наряду с сортоизучением, немаловажное значение следует уделять совершенствованию технологического процесса и агроприемам, позволяющим более полно раскрыть и реализовать потенциал сорта [4, 7].

В Нижнем Поволжье необходимость возделывания картофеля продиктована с одной стороны, наличием стабильно высокого спроса проживающего в регионе населения, с другой, – обеспеченность региона большим количеством тепловых и земельных ресурсов создает благоприятные предпосылки для производства раннего картофеля с целью снабжения населения более северных регионов европейской части России.

Однако эффективное производство картофеля в условиях Нижнего Поволжья возможно только при орошении [5].

Целью исследований являлось изучение адаптивной способности сортов картофеля различных групп спелости и отбор наиболее продуктивных для возделывания в условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2020-2021 годах на опытном участке ОПХ «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ, всего на агроэкологическом испытании находилось 14 сортов отечественной селекции, выведенных в ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха». В опыте применялась гребневая технология возделывания с элементами голландской, перед посадкой проводили обработку почвы фрезой с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{30}$. Густота посадки – 60 тыс. шт. клубней/га по схеме 0,70 x 0,25 м. Учетная делянка 4-х рядная. Опыт закладывается методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении сортов. Площадь делянки 70 м² (2,8 м x 25 м), учетная площадь 50 м².

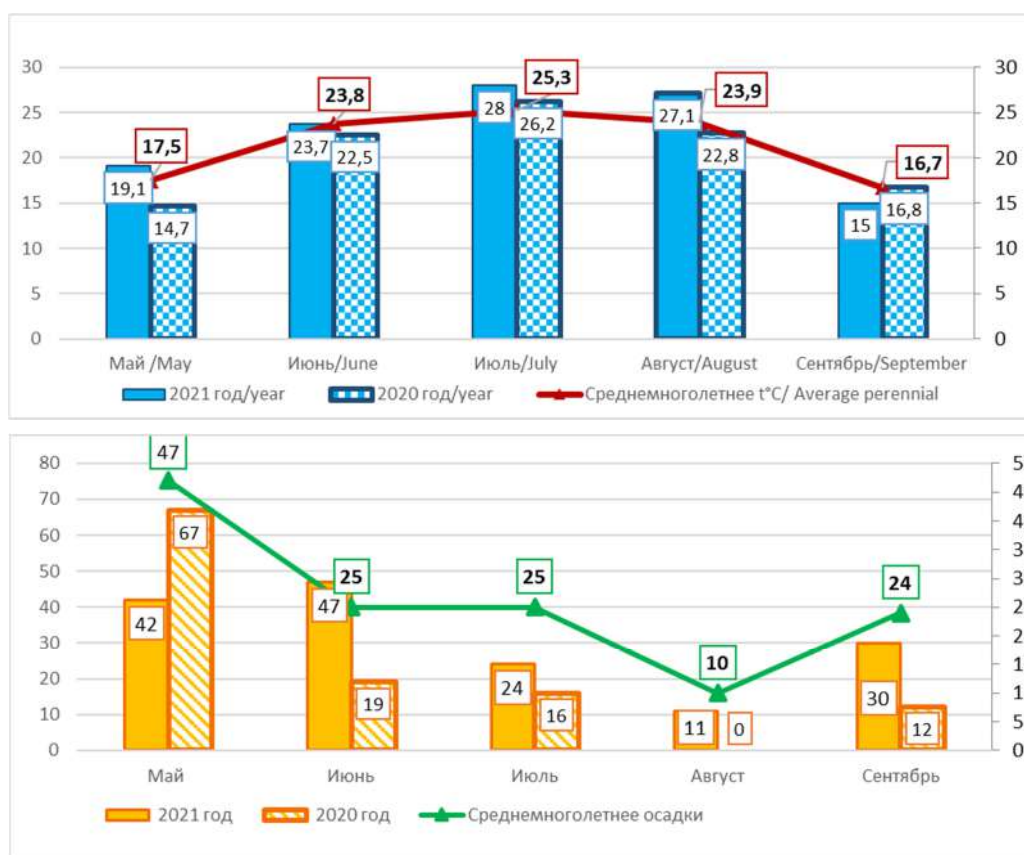


Рисунок 1 – Погодные условия за период исследований

Figure 1 – Weather conditions for the study period

Площадь опыта составила 0,3 га. Учеты и наблюдения проводились в процессе вегетации и сопровождалась всеми необходимыми учетами (морфологическими, фенологическими), весовым методом определяли содержание сухого вещества и поляриметрическим – крахмала. Подекадно определяли структуру урожая с одного растения (масса, количество клубней под кустом, масса одного клубня, урожайность с 1 га), а перед уборкой проводили учет урожая и товарность.

Исследования проводились при норме посадки 3,0 т/га. Способ полива – дождевание. Водный режим в исследованиях поддерживали на уровне 80 % НВ.

Результаты и обсуждение. Исходя из данных фенологических наблюдений видно (рисунок 2), что сорта, у которых всходы появились раньше, характеризовались более быстрым прохождением межфазных периодов. Такая тенденция прослеживалась до конца вегетации.

Продолжительность периода от посадки до всходов по сортам колебалась от 12 до 21 дня, при этом у сортов раннеспелой группы всходы отмечались в более ранние сроки и были более дружные.

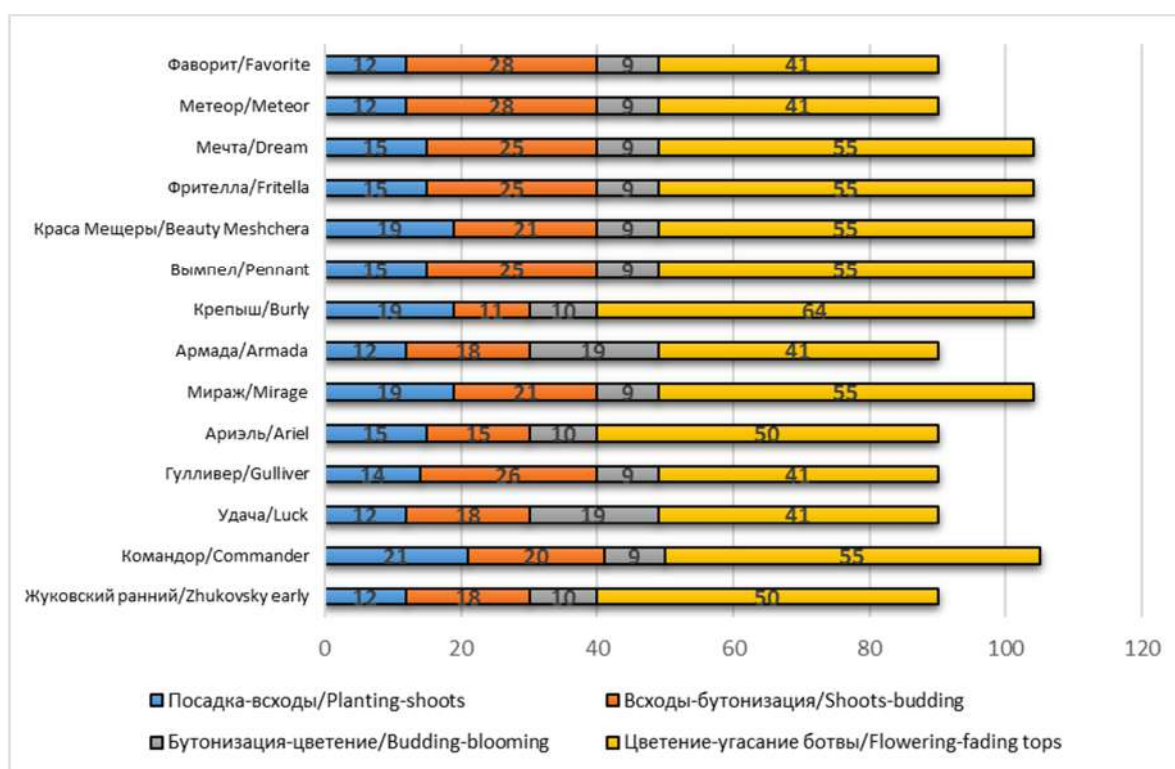


Рисунок 2 – Продолжительность межфазных периодов, дней (2020-2021 гг.)

Figure 2 – Duration of interphase periods, days (2020-2021)

Вегетационный период от посадки до всходов по сортам был неравномерным и составил от 12 до 21 дня, при этом следует отметить, что у раннеспелых сортов этот период был наименьший, а всходы были более дружными. Растения среднеранней и среднеспелой группы вегетировали на 7-11 дней дольше, цвели обильнее в сравнении с сортами раннеспелой группы.

На динамику нарастания вегетативной массы значительное влияние оказывали пищевой и водный режимы почвы, которые поддерживали на уровнях, позволяющих обеспечить максимальную продуктивность растений. В свою очередь развитие надземной массы оказывало непосредственное влияние на среднесуточные приросты клубней

и их количество, но мощная ботва, особенно в засушливые годы, не обеспечивает максимального урожая поскольку динамика нарастания различалась по сортам. Но не всегда большему приросту вегетативной массы соответствовала большая прибавка урожайности, поскольку значительная часть энергии затрачивалась на поддержание ассимиляционного аппарата, а не на накопление запасных веществ.

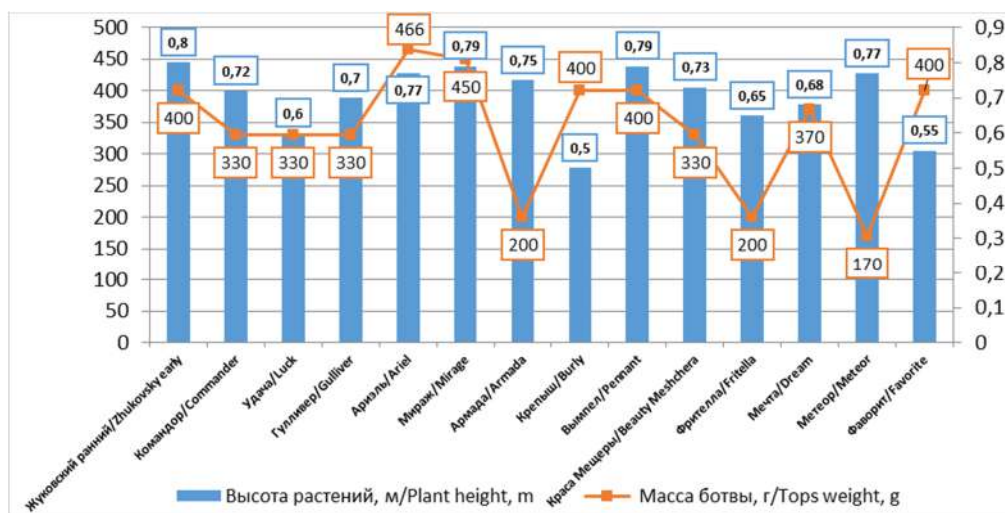


Рисунок 3 – Вегетативная масса картофеля в фазу бутонизации (2020-2021 года)

Figure 3 – Vegetative mass of potatoes in the budding phase (2020-2021)

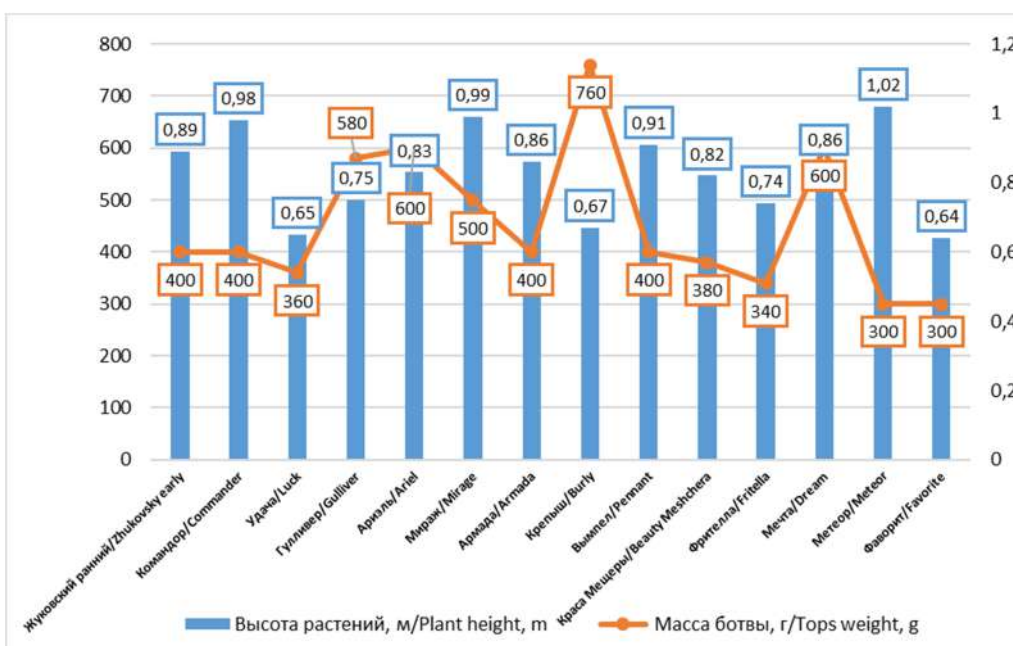


Рисунок 4 – Вегетативная масса картофеля в фазу цветения картофеля (2020-2021 гг.)

Figure 4 – Vegetative mass of potatoes in the flowering phase of potatoes (2020-2021)

За годы проведения исследований минимальная высота стеблей была у сортов Крепыш, Фаворит, Удача, Фрителла, Мечта и Гулливер и в фазу бутонизации составляла от 0,50 до 0,70 м. Сорт Жуковский ранний в эту фазу роста имел самые высокие показатели – 0,80 м, остальные сорта имели достаточно ровные показатели, которые находились в пределах 0,72-0,79 м.

В последующие фазы прирост высоты растений продолжался, и максимальные значения у большинства сортов отмечены к концу вегетации во время увядания ботвы.

Масса ботвы по сортам также была неодинакова и варьировала от 300 до 760 г. Максимальный прирост ботвы по сортам наблюдался в период с начала бутонизации и до конца цветения.

С момента начала пожелтения нижних листьев интенсивно протекал отток питательных веществ в клубни, что привело к усыханию ботвы и потере массы в среднем на 17-37 %. К концу вегетации не все сорта имели здоровый ассимиляционный аппарат, по этому показателю выделялись сорта Гулливер и Ариэль, у которых во время скашивания ботва находилась в рабочем состоянии и обеспечивала прирост клубней. При визуальной оценке надземная масса других изучаемых сортов полностью отвегетировала и на среднесуточные приросты массы клубней влияния не оказывала.

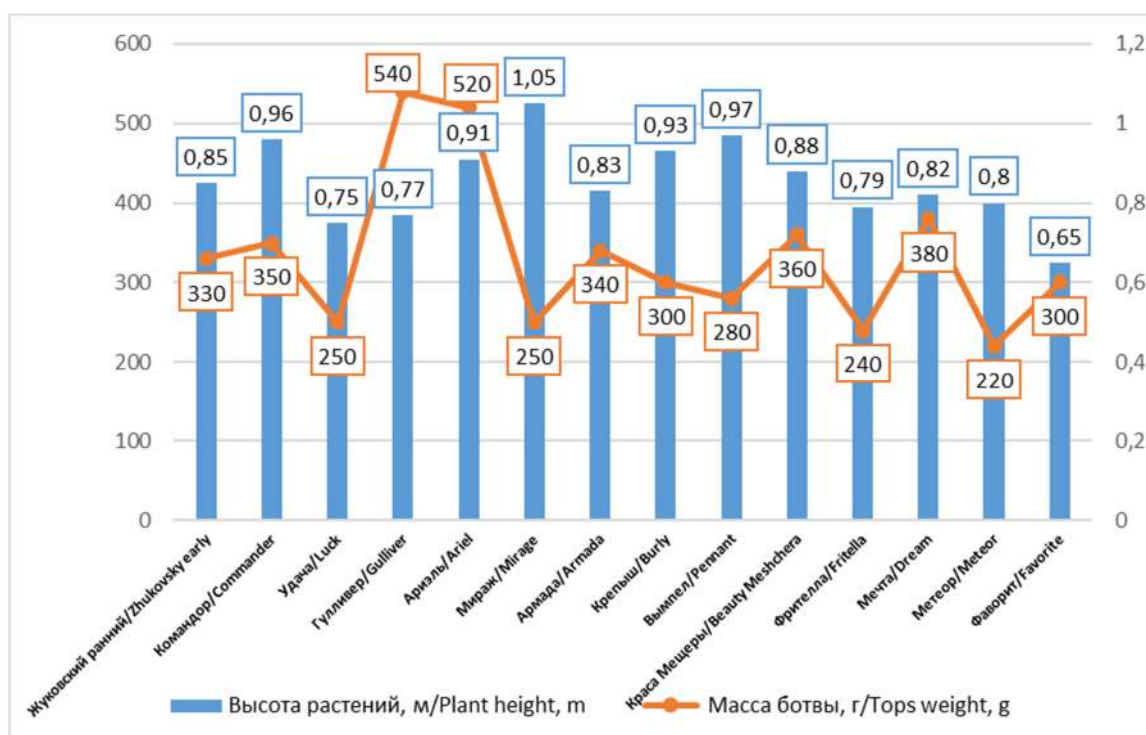


Рисунок 5 – Вегетативная масса картофеля в фазу угасания ботвы (2020-2021 гг.)

Figure 5 – Vegetative mass of potatoes in the phase of extinction of tops (2020-2021)

Показатели продуктивности в большей мере зависят от погодных условий, которые складываются в период вегетации картофеля, поэтому ранневесенняя посадка скороспелых сортов позволяет закончить процесс формирования клубней до наступления критически высоких летних температур, и тем самым обеспечить получение более высокой продуктивности.

Результаты исследований по продуктивности свидетельствуют о достаточно высокой продуктивности большинства изучаемых сортов, которые в среднем за два года формировали урожайность на уровне 30 т/га и более. Наибольшая продуктивность клубней отмечена по сорту Жуковский ранний 43,7 т/га в среднем за два года. Также высокая продуктивность сформировалась по сортам Командор, Удача, Ариэль, Гулливер и Краса Мещеры. Так, на этих вариантах урожайность клубней картофеля составила более 35 т/га.

Таблица 1 – Продуктивность изучаемых сортов картофеля, т/га

Table 1 – Productivity indicators of the studied potato varieties, t/ha

Сорт / Variety	2020 г	2021г	Среднее / Average
Жуковский ранний / Zhukovsky early	50,4	37,0	43,7
Мечта / Dream	27,0	19,5	23,3
Удача / Luck	41,8	36,5	39,2
Гулливёр / Gulliver	44,4	26,1	35,3
Метеор / Meteor	24,2	31,3	27,8
Мираж / Mirage	35,2	16,8	26,0
Краса Мещеры / Beauty Meshchera	33,9	36,8	35,4
Фрителла / Fritella	29,1	22,8	26,0
Командор / Commander	44,0	36,6	40,3
Фаворит / Favorite	19,8	38,7	29,3
Крепыш / Burly	36,6	27,5	32,1
Вымпел / Pennant	34,2	15,6	24,9
Армада / Armada	36,0	25,2	30,6
Ариэль / Ariel	40,7	33,9	37,3
НСР ₀₅	0,83	0,87	-
Ошибка опыта	0,29	0,30	-

Таблица 2 – Продуктивность товарных клубней

Table 2 – Productivity of marketable tubers

Сорт / Variety	2020г		2021г		Среднее / Average	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Жуковский ранний / Zhukovsky early	46,8	92,9	28,3	76,5	37,6	84,7
Мечта / Dream	21,0	77,8	9,3	47,7	15,2	62,8
Удача / Luck	36,3	86,8	27,2	74,5	31,8	80,7
Гулливёр / Gulliver	38,4	86,5	22,0	84,3	30,2	85,4
Метеор / Meteor	22,5	93,0	26,4	84,4	24,5	88,7
Мираж / Mirage	32,0	90,9	8,1	48,2	20,1	69,6
Краса Мещеры / Beauty Meshchera	21,0	61,9	27,6	75,0	24,3	68,5
Фрителла / Fritella	24,2	83,2	9,3	40,8	16,8	62,0
Командор / Commander	40,7	92,5	19,5	53,3	30,1	72,9
Фаворит / Favorite	14,8	74,7	32,4	83,7	23,6	79,2
Крепыш / Burly	33,6	91,8	24,0	65,6	28,8	78,7
Вымпел / Pennant	30,0	87,7	10,2	65,4	20,1	76,6
Армада / Armada	24,7	68,6	10,8	42,9	17,8	55,8
Ариэль / Ariel	36,3	89,2	24,0	70,8	30,2	80,0

Лидером по показателю урожайности товарных клубней был сорт Жуковский ранний – 37,6 т/га, что составило 84,7 %. Также высокую товарность в среднем за два года имели сорта Удача и Гулливер, которые отличались выровненными и крупными клубнями. По сорту Мечта отмечена обратная динамика и в сравнении с сортом Жуковский ранний товарная продуктивность была ниже в среднем за два года на 22,4 т/га, товарность также была на 21,9 % ниже стандарта. По сортам Фрителла и Армада в среднем за два года также отмечена низкая товарность 55,8 и 62,0 % соответственно.

Выход фракции, отвечающей семенным стандартам, является важной величиной при размножении картофеля. По массе семенная фракция не должна превышать 50-60 г. Полученные результаты позволяют выделить сорта, отличающиеся по этому показате-

лю. Сорта Армада, Краса Мещеры и Командор формируют от 10,2 до 7,5 т/га семенной фракции, минимальное количество семенных клубней формируют Гулливер, Метеор и Крепыш – 2,5-2,7 т/га, у остальных сортов этот показатель колеблется от 3,4 до 5,5 т/га.

Таблица 3 – Продуктивность семенных клубней, т/га

Table 3 – Productivity of seed tubers, t/ha

Сорт/ Variety	2020 г.		2021 г.		Среднее / Average	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Жуковский ранний / Zhukovsky early	1,0	2,0	6,0	16,2	3,5	9,1
Мечта / Dream	4,9	18,1	4,8	24,6	4,9	21,35
Удача / Luck	5,0	12,0	6,0	16,4	5,5	14,2
Гулливер / Gulliver	1,8	4,1	3,5	13,4	2,7	8,75
Метеор / Meteor	1,2	5,0	4,2	13,4	2,7	9,2
Мираж / Mirage	2,5	7,1	4,2	25,0	3,4	16,05
Краса Мещеры / Beauty Meshchera	12,2	36,0	7,5	20,4	9,9	28,2
Фрителла / Fritella	2,6	8,9	6,0	26,3	4,3	17,6
Командор / Commander	2,6	5,9	12,3	33,6	7,5	19,75
Фаворит / Favorite	4,2	21,2	4,5	11,6	4,4	16,4
Крепыш / Burlly	2,6	7,1	2,3	8,4	2,5	7,75
Вымпел / Pennant	3,8	11,1	3,8	24,4	3,8	17,75
Армада / Armada	14,7	40,8	5,7	22,6	10,2	31,7
Ариэль / Ariel	3,7	9,1	5,7	16,8	4,7	12,95

Способность противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды, а также склонность к поражению грибным, вирусным и бактериальным болезням устанавливали в фазу цветения. Состояние растений и клубней в ходе визуальной оценки показало, что на растениях внешних признаков заболеваний не отмечалось, а продовольственный и семенной материал был высокого качества. Единственный сорт, на листьях которого в 2020 году было отмечено поражение грибными болезнями, был сорт Метеор.

Таблица 4 – Оценка качества клубней по сортам картофеля (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 4 – Evaluation of the quality of tubers by potato varieties (average for 2020-2021)

№ п/п	Сорт / Variety	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Витамин С, мг/100 г / Vitamin C, mg/100 g	Крахмал, % / Starch, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg
1	Жуковский ранний / Zhukovsky early	20,08	9,86	13,49	68,62
2	Гулливер / Gulliver	21,59	7,05	14,01	59,76
3	Вымпел / Pennant	20,09	6,99	16,34	36,74
4	Крепыш / Burlly	19,18	26,73	11,87	41,17
5	Краса Мещеры / Beauty Meshchera	25,38	5,08	17,39	99,16
6	Командор/Commander	22,78	14,88	15,13	66,85
7	Ариэль / Ariel	20,56	7,16	12,02	59,76
8	Удача / Luck	22,23	21,78	14,92	78,80
9	Армада / Armada	20,00	13,94	11,98	99,16
10	Мираж / Mirage	22,82	7,95	14,10	36,74
11	Фрителла / Fritella	26,10	5,22	18,12	49,58
12	Мечта / Dream	21,09	8,44	15,09	39,40
13	Метеор / Meteor	18,17	3,64	11,66	54,45
14	Фаворит / Favorite	21,64	4,33	13,88	49,58

Вторая половина вегетации в годы исследования отмечалась повышенной температурой воздуха (более 28 °С), в результате чего на посадках отмечалось скручивание листьев. Такие физиологические изменения проявляются в результате воздействия критически высоких температур и низкой относительной влажности воздуха.

Анализ результатов исследования свидетельствует о том, что наиболее устойчивыми к стресс-факторам были сорта Удача, Ариэль, Жуковский ранний и Гулливер. Это связано с тем, что эти сорта более скороспелые и им удается до наступления угнетающей рост растений жары сформировать товарный урожай.

Основным показателем при оценке сортов картофеля является не только продуктивность, но и качество клубней.

В условиях Волгоградской области отечественные сорта картофеля, выращенные в орошаемых условиях, свой потенциал по содержанию крахмала полностью реализуют (11,66-18,12 %), а также успевают накопить необходимое количество сухих веществ, не содержащих токсинов. Наличие в клубнях нитратов не превышало ПДК (250 мг/кг) и колебалось в пределах 36,74-99,16 мг/кг сухого вещества.

Выводы. В результате проведенного агроэкологического испытания были выделены продуктивные с высокой товарностью адаптированные сорта картофеля, способные формировать урожайность более 35 т/га и накапливать повышенное содержание сухих веществ, сахаров, крахмала и аскорбиновой кислоты. Для возделывания в условиях Нижнего Поволжья можно рекомендовать следующие сорта: Жуковский ранний, Удача, Гулливер, Командор, Ариэль.

Библиографический список

1. Амелюшкина Т. А. Оценка сортов для производства раннего картофеля // Вестник ОрелГАУ. 2020. № 2 (83).
2. Боева Т. В., Байрамбеков Ш. Б., Соколова Г. Ф. Сорта картофеля отечественной и зарубежной селекции для орошаемых условий юга России // Вестник КрасГАУ. 2021. № 5 (170).
3. Гавриленко Т. А., Ермишин А. П. Межвидовая гибридизация картофеля: теоретические и прикладные аспекты // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2017. Т. 21. № 1. С. 16-29.
4. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Герасимова Е. В. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий степной зоны Южного Урала // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 51-54.
5. Новиков А. А. Влияние способов полива и окучивания на режим орошения картофеля // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 145-153.
6. Питюрина И. С., Виноградов Д. В., Новикова А. В. Продуктивность и технологические показатели качества клубней сортов картофеля, выращенных в условиях Нечерноземной зоны // Вестник КрасГАУ. 2021. № 1 (166).
7. Рубцов С. Л. Критерии отбора новых сортов картофеля для условий Средневолжского региона // Известия ОГАУ. 2019. № 1 (75).
8. Симакон Е. А. Повышение конкурентоспособности отечественной селекции картофеля // Картофельная система. 2016. № 3. С. 25-27.
9. Старовойтова О. А. Влияние условий выращивания на качество клубней картофеля // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Т. 624. 012011.
10. Эколого-географическая оценка сортов картофеля отечественной селекции на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / О. Г. Гиченкова, К. А. Родин, А. А. Новиков, Ю. А. Лаптина, Н. А. Куликова // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 34-48.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, директор ФГБНУ ВНИИОЗ, чл.-корр. РАН, доктор технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация, vniiioz@yandex.ru

Новиков Алексей Андреевич, заместитель директора по научной работе и инновационному развитию, кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация, novikov@iagro.ru

Гиченкова Ольга Геннадьевна, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация, olga.gichenkova@mail.ru

Лаптина Юлия Александровна, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ФИЦ «Немчиновка» Московская обл., ylaptina82@mail.ru.

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация, rodin.ka@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-02

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FIELD FORAGE PRODUCTION UNDER THE ARID CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION BASED ON THE INTRODUCTION OF LONG-ROTATION FORAGE CROP ROTATIONS AND CONVEYOR FORAGE PRODUCTION

N. V. Tyutyuma, A. A. Aitpayeva

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian agrarian scientific center
of the Russian academy of sciences», Astrakhan region*

The Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan

Received 20.06.2022

Submitted 30.08.2022

Summary

The article outlines the prospects for the development of field fodder production in the arid conditions of the Astrakhan region. The results of the research showed that the introduction of long-rotation fodder crop rotations and conveyor production of fodder will contribute to the creation of a full-fledged fodder base for the livestock industries and the solution of the problem of food security in the region for milk and beef.

Abstract

At present, the state of field fodder production in the arid zone does not allow providing a full fodder base for cattle (cattle). The reduction of fodder crops in the structure of irrigated crop rotations has led to underutilization of more than half of arable land. At the same time, feed for the livestock industries is an intermediate commodity and pays off only with milk and beef. Feed insecurity has a negative impact on the dairy and meat productivity of farm animals in the region and, as a result, on the food security of the population in terms of dairy and meat products within the regional production. In this regard, the topic of research is particularly relevant. Objects. The object of research was the fodder crop rotation and the "green conveyor" developed for the arid conditions of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region. Materials and methods. The study used data from field experiments on the study of long-rotation fodder crop rotations and the "green conveyor". Results and conclusions. The results of the research showed that in the studied fodder crop rotation, consisting of four fields of alfalfa, one field of sorghum for silage and one field of winter rye, alfalfa formed the maximum level of productivity in the second (18.2 tons per 1 ha - variant of experiment N₃₅P₆₀K₅₀) and third (18.0 t/ha – experience variant N₄₀P₆₀K₅₀) years of use. Every year, except for the first year, 4 mowings of the studied culture were made; in the first year, 2 mowings were performed. Among the varieties of alfalfa, the variety Talisman had the highest yield. Among the varieties of sorghum for silage, the highest level of productivity was registered in the variety Debut (49 tons per 1 ha - experimental variant: the main fertilizer N₁₀₀P₆₀K₆₀ + top dressing N₄₀). The most productive among the varieties of winter rye included in the fodder crop rotation was the variety Bezenchukskaya 87 (option N₅₀P₇₀K₆₀ + top dressing N₄₀). Studies have shown that the most preferable for the arid conditions of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region will be the following green conveyor scheme: Winter rye, fibrous wheatgrass + Hedgehog + Sandy sainfoin, gray wheatgrass + Timothy grass meadow + Oriental goat's rue, Oats, barley, spring vetch and their mixtures 1 sowing

time, Oats, barley, spring vetch and their mixtures 2 sowing dates, Sudan grass + spring vetch, Aftermath of perennial legumes, Early ripening corn, Aftermath of Sudanese grass. Spring rapeseed. The recommended scheme of the green conveyor will provide agricultural animals with a full fodder base during busy periods of feed availability.

Key words: *fodder production, long-rotation fodder crop rotations, green conveyor.*

Citation. Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A. Prospects for the development of field fodder production in the arid conditions of the Astrakhan region based on the introduction of long-rotation fodder crop rotations and conveyor fodder production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 24-32 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-02.

Author's contribution. The presented team of authors of these studies was directly involved in planning, laying, conducting a pilot experiment and processing research results. All the authors of this article are familiar with its contents and have approved the final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.085:633.2/3

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛЕВОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ДЛИННО-РОТАЦИОННЫХ КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ И КОНВЕЙЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ

Н. В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
член-корреспондент РАН

А. А. Айтпаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности
«Экономика и управление народным хозяйством»

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН
ГАОУ АО ВО Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань

Дата поступления в редакцию 20.06.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Актуальность. В настоящее время состояние полевого кормопроизводства в аридной зоне не позволяет обеспечить полноценную кормовую базу для крупного рогатого скота (КРС). Сокращение кормовых культур в структуре орошаемых севооборотов привело к недоиспользованию более половины пахотных земель. Вместе с тем корма для скотоводческих отраслей являются промежуточным товаром и окупаются только молоком и говядиной. Кормовая необеспеченность негативно отражается на молочной и мясной продуктивности сельскохозяйственных животных в регионе и, как следствие, на продовольственной безопасности населения по молочным и мясным продуктам внутри регионального производства. В связи с этим тема исследований является особенно актуальной. **Объекты.** Объектом исследований выступали кормовой севооборот и «зеленый конвейер», разработанные для засушливых условий Харабалинского района Астраханской области. **Материалы и методы.** В исследовании использовались данные полевых опытов по изучению длинно-ротационных кормовых севооборотов и «зеленого конвейера». **Результаты и выводы.** Результаты исследований показали, что в изучаемом кормовом севообороте, состоящем из четырех полей люцерны, одного поля сорго на силос и одного поля озимой ржи, люцерна максимальный уровень продуктивности формировала во второй (18,2 т с 1 га – вариант опыта N₃₅P₆₀K₅₀) и третий (18,0 т с 1 га – вариант опыта N₄₀P₆₀K₅₀) годы использования. Ежегодно, кроме первого года, делали по 4 укоса изучаемой культуры, в первый год было выполнено 2 укоса. Среди сортов люцерны наибольшей урожайностью отличался сорт Талисман. Среди сортов сорго на силос наибольший уровень продуктивности зарегистрирован у сорта Дебют (49 т с 1 га – вариант опыта: основное удобрение N₁₀₀P₆₀K₆₀+ подкормка N₄₀). Наиболее урожайным среди сортов озимой ржи, включенных в кормовой севооборот, был сорт Безенчукская 87 (вариант опыта N50P70K60 + подкормка N40). Исследования показали, что наиболее предпочтительной для засушливых условий Харабалинского района Астраханской области будет следующая схема зеленого конвейера: озимая рожь,

пырей волокнистый + ежа сборная + эспарцет песчаный, пырей сизый + тимopheевка луговая + козлятник восточный, овес, ячмень, вика яровая и их смеси 1 срока сева, овес, ячмень, вика яровая и их смеси 2 срока сева, суданская трава + вика яровая, отава многолетних бобовых трав, кукуруза ран- неспелая, отава суданской травы, рапс яровой. Рекомендуемая схема зеленого конвейера позволит обеспечить сельскохозяйственным животным полноценную кормовую базу в напряженные перио- ды по обеспеченности кормами.

Ключевые слова: развитие кормопроизводства, длинно-ротационные кормовые севообороты, зеленый конвейер, полевое кормопроизводство.

Цитирование. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А. Перспективы развития полевого кормопроизвод- ства в засушливых условиях Астраханской области на основе внедрения длинно-ротационных кормовых севооборотов и конвейерного производства кормов. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 24-32. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования были непосредственно вовлечены в пла- нирование, выполнение и анализ этого исследования. Все авторы этой статьи прочитали и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Кормопроизводство играет особую роль в структуре растениеводче- ских отраслей. Объемы производства и качество кормов определяют уровень молочной и мясной продуктивности сельскохозяйственных животных. Изучению теоретических и практических аспектов эффективного развития кормопроизводства, в том числе и на основе применения цифровых инструментов, посвящены работы А. А. Айтпаевой [1], Р. И. Акмаевой, Г. В. Тимофеевой, А. А. Айтпаевой [2], Ф. Ф. Гиниятовой [5], Г. П. Майсак [6], Н. А. Морозкова [7], Ж. С. Нелюбиной, Н. И. Касаткиной, И. Ш. Фатыхова [8], Н. В. Тютюмы, А. А. Айтпаевой, О. Н. Беспаловой [3], G. V. Timofeeva, R. I. Akmaeva, A. A. Aitpaeva [11, 12] и др. Большинство ученых отмечают положительную роль кормовых культур в улучшении почвенного плодородия, предотвращении процес- сов опустынивания, особенно в аридных зонах и др.

В современных условиях полевое кормопроизводство в аридной зоне претерпе- вает существенные изменения. Так, например, по данным Астраханьстата посевные площади под кормовыми культурами в 2020 году в регионе составили 21,6 тыс. га, что в 4,2 раза меньше по сравнению с 1990 годом (Астраханьстат [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL:[http://: astrastat.gks.ru](http://astrastat.gks.ru)). В целом по РФ под кормовыми культу- рами в 2020 году было занято 14 705,5 тыс. га, или 18,4 % от всей засеваемой площади (Росстат России. Регионы России. URL:<http://www/qks.ru>).

Основными производителями кормов в Астраханской области являются крестья- нско-фермерские хозяйства, а основными производителями животноводческой про- дукции – личные подсобные хозяйства. Значительное сокращение используемых пло- щадей орошаемой пашни, в том числе и посевов кормовых культур, ведет к снижению эффективности полевого кормопроизводства. Вместе с тем ориентация в отрасли толь- ко на естественные сенокосы и пастбища значительно снижает выход кормовых единиц и делает практически невозможным создание полноценной кормовой базы для сельско- хозяйственных животных.

Материалы и методы. Целью работы является определение перспектив разви- тия полевого кормопроизводства в аридной зоне (на примере Астраханской области). Постановка цели обусловила выделение задач, на достижение которых направлены ис- следовательские усилия в рамках данной статьи:

1. Проанализировать современное состояние полевого кормопроизводства в ре- гионе.
2. Выявить основные направления развития полевого кормопроизводства.

3. Представить примерную схему длинно-ротационного кормового севооборота для аридной зоны региона исследования.

4. Разработать примерную схему зеленого конвейера.

Предлагаемое исследование отличает системный подход к анализу существующих в полевом кормопроизводстве проблем. В исследовании были использованы следующие методологические принципы: принцип комплексного анализа, принцип системного анализа.

Результаты и обсуждение. В настоящее время полевое кормопроизводство следует развивать в двух важнейших направлениях: возделывание кормовых культур в структуре орошаемых кормовых севооборотов для обеспечения сельскохозяйственных животных кормами в зимний период и производство кормов в системе зеленого конвейера для создания полноценной кормовой базы в весенне-летне-осенний периоды. В настоящее время полевое кормопроизводство предполагает в первую очередь посев кормовых культур в структуре орошаемых кормовых севооборотов. В современных условиях естественные сенокосы и пастбища, а также полевое кормопроизводство в аридной зоне в первую очередь направлено на производство объемистых кормов: сена и сенажа.

Изучению теоретических аспектов повышения эффективности использования кормов посвящены работы В. А. Волошина [4], С. А. Павловой, Е. С. Пестеревой [9]. Так, например, Волошин В. А. отмечает, что самым качественным из объемистых кормов является сенаж [4]. По мнению Г. П. Майсак, этот вид корма отличается высокой энергонасыщенностью – до 13,33 МДж на кг СВ, а также повышенным содержанием сырого протеина – до 23,29 % на кг СВ [6].

Оптимизация кормовой базы по выходу кормовых единиц и питательности корма для молочного и мясного скотоводства должна предусматривать правильный подбор культур. Экспериментальные исследования включали в себя разработку и апробацию схемы научно-обоснованного чередования культур в севообороте в условиях Харабалинского района Астраханской области. Исследования проводились в 2016-2021 годах (таблица 1). Территория проведения экспериментальных опытов представлена серо-бурыми полупустынными почвами. По гранулометрическому составу почва – преимущественно легкий суглинок. Содержание гумуса в пахотном слое 0–20 см – менее 1 %. Рельеф опытного участка – выровненный.

Таблица 1 – Схема многолетнего севооборота для засушливых условий
Харабалинского района Астраханской области

Table 1 – Scheme of a multi-year crop rotation for arid conditions
of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region

Год	Культура
2016	Люцерна
2017	Люцерна
2018	Люцерна
2019	Люцерна
2020	Сорго на силос
2021	Озимая рожь

Изучаемый севооборот был представлен 4-мя полями люцерны, полем, занятым сорго на силос, и полем под озимой рожью (таблица 1). В связи с тем, что почвы региона не отличаются высоким уровнем плодородия, возделывание кормовых культур с заданным уровнем продуктивности должно включать внесение минеральных удобрений, нормами, рассчитанными на основе выноса основных питательных веществ с запланированным урожаем.

С учетом этих рекомендаций мы оптимизировали минеральное питание люцерны и других культур в севообороте (таблица 2).

Таблица 2 – Система удобрений в кормовом севообороте
в Харабалинском районе Астраханской области

Table 2 – Fertilizer system in forage crop rotation in Kharabalinsky district of Astrakhan region

№	Чередование культур в севообороте	Сорт	Вариант опыта	Органические удобрения т/га	Основное удобрение, кг. д. в. на га	Подкормки, кг д. в. на га	Урожайность, т/га, средняя за 2016-2021 гг.
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Люцерна	Талисман	Контроль	-	-	-	8,0
			Вариант 1	-	P ₆₀ , K ₃₀	N ₁₀ , P ₄₀ , K ₃₀	10,6
			Вариант 2	-	P ₈₀ , K ₅₀	N ₂₀ , P ₅₀ , K ₄₀	12,8
			Вариант 3	-	P ₁₀₀ , K ₇₀	N ₃₀ , P ₆₀ , K ₅₀	14,7
		Ленинская местная	Контроль	-	-	-	7,6
			Вариант 1	-	P ₆₀ , K ₃₀	N ₁₀ , P ₄₀ , K ₃₀	9,9
			Вариант 2	-	P ₈₀ , K ₅₀	N ₂₀ , P ₅₀ , K ₄₀	12,1
			Вариант 3	-	P ₁₀₀ , K ₇₀	N ₃₀ , P ₆₀ , K ₅₀	13,9
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,09 АВ – 0,07					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,08 АВ – 0,06					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,04					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,09 АВ – 0,08					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,02 В-0,04 АВ – 0,03					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,01 В-0,03 АВ – 0,02					
II	Люцерна	Талисман	Контроль	-	-	-	12,1
			Вариант 1	-	-	N ₁₅ , P ₄₀ , K ₃₀	14,4
			Вариант 2	-	-	N ₂₅ , P ₅₀ , K ₄₀	16,7
			Вариант 3	-	-	N ₃₅ , P ₆₀ , K ₅₀	18,2
		Ленинская местная	Контроль	-	-	-	11,7
			Вариант 1	-	-	N ₁₅ , P ₄₀ , K ₃₀	14,0
			Вариант 2	-	-	N ₂₅ , P ₅₀ , K ₄₀	16,1
			Вариант 3	-	-	N ₃₅ , P ₆₀ , K ₅₀	17,5
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,04					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,06					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,09 АВ – 0,07					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,07 АВ – 0,05					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,02 В-0,04 АВ – 0,03					
III	Люцерна	Талисман	Контроль	-	-	-	11,7
			Вариант 1	-	-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	14,0
			Вариант 2	-	-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	16,1
			Вариант 3	-	-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	18,0
		Ленинская местная	Контроль	-	-	-	11,3
			Вариант 1	-	-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	13,6
			Вариант 2	-	-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	15,5
			Вариант 3	-	-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	17,7
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,09 АВ – 0,08					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,09 АВ – 0,07					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,06 АВ – 0,04					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,02 В-0,05 АВ – 0,03					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,08 АВ – 0,06					

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
IV	Люцерна	Талисман	Контроль	-	-	-	11,1
			Вариант 1	-	-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	13,6
			Вариант 2	-	-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	15,2
			Вариант 3	-	-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	16,6
		Ленинская местная	Контроль	-	-	-	10,7
			Вариант 1	-	-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	13,0
			Вариант 2	-	-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	14,4
			Вариант 3	-	-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	16,1
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,07 АВ – 0,06					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,08 АВ – 0,07					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,09 АВ – 0,08					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,04					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,01 В-0,04 АВ – 0,03					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
V	Сорго на силос	Зерноградский янтарь	Контроль	-	-	-	40
			Вариант 1	10-20	N ₈₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₂₀	42
			Вариант 2	15-25	N ₉₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₃₀	44
			Вариант 3	20-30	N ₁₀₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₄₀	45
		Дебют	Контроль	-	-	-	42
			Вариант 1	10-20	N ₈₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₂₀	45
			Вариант 2	15-25	N ₉₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₃₀	47
			Вариант 3	20-30	N ₁₀₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₄₀	49
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,16 В-0,19 АВ – 0,17					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,15 В-0,17 АВ – 0,16					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,17 В-0,19 АВ – 0,18					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,14 В-0,16 АВ – 0,15					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,12 В-0,15 АВ – 0,13					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,13 В-0,16 АВ – 0,14					
VI	Озимая рожь на сено	Саратовская 5	Контроль	-	-	-	5
			Вариант 1	20-30	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀	6,5
			Вариант 2	30-40	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀	7,8
			Вариант 3	40-50	N ₅₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀	8,3
		Безенчукская 87	Контроль	-	-	-	5,1
			Вариант 1	20-30	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀	6,4
			Вариант 2	30-40	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀	7,3
			Вариант 3	40-50	N ₅₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀	8,5
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,01 В-0,04 АВ – 0,03					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,04					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,02 В-0,04 АВ – 0,03					
		2019 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
		2020 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,06					
		2021 г.-НСП 0,5 А-0,01 В-0,03 АВ – 0,02					

Предшественником для люцерны являлась озимая рожь. Урожайность культур по вариантам опытов варьировала в зависимости от уровня минерального питания. Люцерна максимальный уровень продуктивности показывала во второй и третий год жизни. В первый год делали 2 укоса люцерны, во второй, третий и четвертый – по 4 укоса.

Основу весенне-летне-осеннего кормления КРС, обеспечивающую высокую продуктивность коров и бычков, составляет бесперебойное производство и поступление зеленых кормов. Рационального использования орошаемой пашни при конвейерном возделывании кормов можно достичь при включении в конвейер наиболее продук-

тивных культур многоукосного использования (суданка, сорго и др.), однолетних культур с длинным периодом вегетации в основных посевах и более коротким периодом вегетации – в промежуточных посевах.

Таблица 3 – Примерное районирование промежуточных посевов Астраханской области

Table 3 – Approximate zoning of intermediate crops in the Astrakhan region

Регион	Сельскохозяйственные культуры
Астраханская область	Кукуруза, суданка и смеси кукурузы с сорго и др. Ячмень + рапс и др.

Выбор рациональной структуры посевов и соблюдение севооборота положительно сказываются на снижении себестоимости кормов и обеспечивают максимальный выход кормовых единиц и переваримого протеина с гектара посевов. Наиболее дешевую животноводческую продукцию (говядину и молоко) позволяет получить правильно рассчитанная кормовая база. При проектировании зеленого конвейера на орошаемых землях необходимо планировать интенсивное использование земель: подбор высокоурожайных культур, применение промежуточных посевов (на 30-35 % основной площади). Для правильного решения вопроса о подборе многолетних трав как компонентов зеленого конвейера большое значение имеет изучение особенностей растений, и прежде всего продуктивности зеленой массы и длительности вегетационного периода [10].

Разработка зеленого конвейера с использованием адаптивных технологий при возделывании кормовых культур (сорго кормовое, сорго сахарное, тритикале, озимый ячмень, кукуруза, нут, овес, рожь, суданская трава, многолетние и однолетние травосмеси) и их влияние на плодородие, в т.ч. накопление симбиотического азота являются важными составляющими при планировании полевого кормопроизводства в условиях Астраханской области. «Зеленый конвейер» предполагает следующее:

- посев многолетних трав и озимых культур;
- промежуточные культуры (пожнивные, поукосные, подсевные, промежуточные озимые);
- занятые пары (люцерна первого года, донник, рапс, однолетние травы, кукуруза, ранний картофель и др.);
- смешанные и бинарные посевы, убираемые в течение одного вегетационного периода;
- совместные посевы, формируемые по принципу «покровная + подсевная культура» с получением урожая в течение двух вегетационных периодов.

Для сеяных орошаемых сенокосов аридной зоны необходимо подбирать многолетние и однолетние травы с различными сроками развития и созревания. Из многолетних трав в состав зеленого конвейера рекомендуем вводить люцерну с тимофеевкой и овсяницей луговой, люцерну с житняком и козлятником, эспарцет с райграсом высоким и др.; из однолетних культур – озимую рожь с озимой викой, вико-овсяную смесь, суданку, козлятник, донник однолетний и сою, сорго, кукурузу и другие. Помимо злаково-бобовых культур, в зеленый конвейер следует вводить кормовые бахчевые культуры (кабачки, тыкву, арбуз) и земляную грушу (топинамбур). Из всех перечисленных кормовых культур, а также однолетних и многолетних злаковых трав составляются кормовые севообороты для зеленого конвейера. Для этого рекомендуем составлять комбинированный или смешанный зеленый конвейер, где будут использоваться сеяные и естественные пастбища. Для составления зеленого конвейера из естественных пастбищ в расчет принимают имеющиеся сельскохозяйственные угодья, суходольные, низинные и заливные пастбища, по мере готовности их к стравливанию, а также отаву естественных сенокосов.

В каждом хозяйстве Астраханской области должна быть разработана своя схема зеленого конвейера в зависимости от специализации хозяйства, породы скота, численности поголовья, обеспеченности пашней и природными кормовыми угодьями. Все разнообразие типов объединяется в три системы зеленого конвейера:

1. Естественный зеленый конвейер.
2. Искусственный зеленый конвейер.
3. Смешанный или комбинированный зеленый конвейер.

Культуры зеленого конвейера должны давать максимальный сбор зеленой массы с высокой ее питательностью, поедаемостью и иметь разные сроки скашивания, чтобы обеспечивать бесперебойное поступление зеленого корма с ранней весны до поздней осени. Ни одна культура этим требованиям сама по себе не отвечает. Эту задачу могут выполнить только различные группы кормовых культур.

Кормовые, наряду с их продуктивностью, должны оцениваться по срокам наступления укосной спелости. Зеленую массу обеспечивают в поукосном посеве овес, рапс, овес в смеси с горохом, вика, их смеси с озимой рожью.

Экспериментальные исследования по разработке схемы зеленого конвейера проводились в условиях Харабалинского района Астраханской области (2015-2017 гг.).

Повторность опыта – четырехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений, учетная площадь одной делянки – 100 м². Почвы – серо-бурые, полупустынные. Набор культур для зеленого конвейера представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Система зеленого конвейера для хозяйств
Харабалинского района Астраханской области

Table 4 – Green conveyor system for farms in the Kharabalinsky district of the Astrakhan region

Культура	Период использования		Продолжительность, суток
	Начало	Конец	
Озимая рожь	15.05	01.06	18
Пырей волокнистый+ Ежа сборная+Эспарцет Песчаный	02.06	20.06	19
Пырей сизый+ Тимофеевка луговая+Козлятник восточный	21.06	01.07	11
Овес, ячмень, вика яровая и их смеси 1 срока сева	02.07	11.07	10
Овес, ячмень, вика яровая и их смеси 2 срока сева	12.07	22.07	11
Суданская трава+вика яровая	23.07	06.08	15
Отава многолетних бобовых трав	07.08	21.08	15
Кукуруза раннеспелая	22.08	31.08	10
Отава суданской травы	01.09	14.09	14
Рапс яровой	15.09	02.10	18

В зеленый конвейер рекомендуем включить многолетние травы, однолетние бобово-злаковые смеси, суданку, кукурузу и кормовую свеклу. Озимая рожь дает не только самый ранний зеленый корм, но и служит сырьем для создания страховых запасов в виде силоса и сенажа.

Выводы. Таким образом, при научно-обоснованном подходе в Астраханской области можно обеспечить полноценную кормовую базу как для имеющегося поголовья КРС, так и на перспективу с учетом роста численности сельскохозяйственных животных в каждом конкретном хозяйстве. Если раньше основой кормовых рационов для КРС были только пастбища, сенокосы и хозяйства региона не могли увеличивать численность скота, то в настоящее время они осуществляют переход на активное использование ресурсов полевого кормопроизводства, в том числе и зеленого конвейера.

Библиографический список

1. Айтпаева А. А. Цифровизация сельского хозяйства в контексте повышения конкурентоспособности отечественного АПК // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2019. № 3.
2. Акмаева Р. И., Тимофеева Г. В., Айтпаева А. А. Стратегические направления развития АПК региона // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2019. № 2. С. 41-49.
3. Беспалова О. Н. Устойчивое развитие кормопроизводства как основа наращивания животноводческой продукции в регионе // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». 2022. № 4 (52).
4. Волошин В. А. Состояние и возможности кормопроизводства Пермского края // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 6. С. 7-15.
5. Гиниятова Ф. Ф. Возделывание зернобобовых культур в республике Башкортостан // Сортовую агротехнику полевых культур – в производство: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Пермь. 2020. С. 23-28.
6. Майсак Г. П. Перспективы выращивания тритикале озимой в Пермском крае // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2018. № 4. С. 46-52.
7. Морозков Н. А. Качество объемистых кормов в Пермском крае и пути его повышения // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4. С. 59-69.
8. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И., Фатыхов И. Ш. Питательная ценность и продуктивность агрофитоценозов многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного в условиях Среднего Предуралья // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 18-22.
9. Павлова С. А., Пестерева Е. С. Организация зеленого конвейера из районированных многолетних трав в условиях Крайнего Севера // Аграрная наука. 2021. № 7-8. С. 93-96.
10. Competitive Ability and Biological Efficiency of Annual Mixtures / Kshnikatkina A. N., Timoshkin O. A., Moskvina A. I., Timoshkina O. Yu. // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. p. 23-29
11. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges. 2019. V. 39.
12. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges. 2018. V. 39.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор ФГБНУ «ПАФНИЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный, 8). Email: pniiiaz@mail.ru. ORCID ID № 0000-0001-6582-2628.

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна – кандидат сельскохозяйственных наук., доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», начальник отдела НИР Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 18.) Email: .arman.bisaliyev2012@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3898-5813

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-03

TECHNOLOGY OF POTATO CULTIVATION BY SPRINKLING DURING SPRING PLANTING

A. D. Akhmedov, Y.V. Kuznetsov, A. Gushchina

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.06.2022

Submitted 15.07.2022

Summary

This article analyzes the technology of growing potatoes by sprinkling during spring planting in the conditions of the Volga-Don interfluvium. The results of the experiment show that, depending on the irrigation regime and doses of fertilizers, potato yields can vary in different ways. At the same time, it

was found that the cost of irrigation water and the potato water consumption coefficient positively respond to the water regime of the soil and fertilizers. The data obtained can be used as the source material for the Volga-Don interfluvium when growing potatoes on light chestnut soils.

Abstract

Introduction. The effectiveness of the application of various irrigation methods is determined by a number of economic conditions: the supply of water to the irrigation system, the provision of moisture to the irrigated area, the uniformity of irrigation, the degree of automation of systems, and then similarity. Therefore, further choice of the type of irrigation method and technique is carried out taking into account the soil and climatic conditions of the territories, cultivated crops and other factors. Considering all this, when growing potatoes, the use of sprinkling equipment increases the efficiency of this method of irrigation, as well as labor productivity, the irrigation process is almost completely mechanized. With irrigation water during sprinkling, it is possible to apply fertilizers. **Object.** The object of research is the technology of growing potatoes by sprinkling during spring planting in the conditions of the Volga-Don interfluvium. **Materials and methods.** To study the effect of irrigation regimes on the yield of the medium-early chip potato variety «BP 808» by us during 2018-2020 in the experimental plots (on the territory of the village of the Regional Limited Liability Company «Agro-Progress»), in accordance with the task, studies were carried out using various mineral fertilizers. The soils are light chestnut, heavy loamy, slightly permeable. Annually, in order to obtain a potato crop at the level of 15, 20 and 25 t/ha, according to the recommendations of B.A. Dospekhov, V.N. Pleshakov and others conducted a two-factor experiment under production conditions: I - the water regime of the soil (factor A); II - doses of fertilizers (factor B). The experiment was repeated three times. **Results and conclusions.** In the course of the study, it was found that with soil moisture 80-70% of the least moisture capacity (LMC), the maximum potato yield at sprinkling at the level of 21.7-25.4 t/ha was obtained with fertilizers at a dose of $N_{160}P_{85}K_{120}$ and $N_{190}P_{95}K_{140}$, respectively, in a layer of 0.6 m during the growing season. In general, it can be noted that the use of various irrigation regimes and doses of fertilizers most favorably affects the yield of potatoes during sprinkling.

Key words: *irrigation regime, mineral fertilizers, sprinkling, potatoes, spring plantings, water consumption coefficient, productivity, total water consumption, irrigation water costs.*

Citation. Akhmedov A.D., Kuznetsov Y.V., Gushchina I. A. Technology of potato cultivation by sprinkling during spring planting. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 32-40 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-03.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674:635.25

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ ДОЖДЕВАНИЕМ ПРИ ВЕСЕННЕЙ ПОСАДКЕ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор
Ю. В. Кузнецов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. А. Гущина, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.06.2022

Дата принятия к печати 15.07.2022

Аннотация. В данной статье анализируется технология выращивания картофеля дождеванием при весенней посадке в условиях Волго-Донского междуречья. Результаты опыта показывают, что в зависимости от режима орошения и доз удобрений урожайности картофеля может изменяться по-разному. При этом установлено, что затраты поливной воды и коэффици-

ент водопотребления картофеля положительно реагируют на водный режим почвы и удобрений. Полученные данные могут использоваться в качестве исходного материала Волго-Донского междуречья при выращивании картофеля на светло-каштановых почвах.

Актуальность. Эффективность применения различных способов полива определяется рядом хозяйственных условий: обеспеченностью водой оросительной системы, обеспечением влагой орошаемой площади, равномерности полива, степени автоматизаций систем и т. п., поэтому дальнейший выбор вида способа и техники полива проводится с учетом почвенно-климатических условий территорий, возделываемых сельскохозяйственных культур и других факторов. С учетом этого факта при выращивании картофеля применение дождевальной техники повышает эффективность данного способа полива, а также производительность труда, процесс полива почти полностью механизмуется, с оросительной водой при дождевании можно вносить удобрения. **Объект.** Объектом исследований является технология выращивания картофеля дождеванием при весенней посадке в условиях Волго-Донского междуречья. **Материалы и методы.** Для изучения влияния режимов орошения на урожайность среднеранний чипсовый сорт картофеля «ВР 808» нами в течение 2018-2020 гг. на опытных участках (на территории поселка Областной ООО «АГРО-ПРОГРЕСС») в соответствии с задачей проводились исследования с применением различных минеральных удобрений. Почвы светло-каштановые тяжелосуглинистые слабоводопроницаемые. Ежегодно для получения урожая картофеля на уровне 15, 20 и 25 т/га по рекомендациям Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова и другим проводились двухфакторный опыт в производственных условиях: I – водный режим почвы (фактор А); II – доз удобрений (фактор В). Повторность опыта – трехкратная. **Результаты и выводы.** В ходе исследования установлено, что при влажности почвы 80-70 % НВ максимальная урожайность картофеля при дождевании на уровне 21,7-25,4 т/га была получена с внесением удобрений дозой $N_{160}P_{85}K_{120}$ и $N_{190}P_{95}K_{140}$ соответственно в слое 0,6 м в течение вегетации. В целом можно отметить, что применение различных режимов орошения и доз удобрений наиболее благоприятно влияет на урожайность картофеля при дождевании.

Ключевые слова: режимы орошения картофеля, дождевание картофеля, весенние посадки картофеля, урожайность картофеля, суммарное водопотребление, затраты поливной воды.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю. В., Гущина И. А. Технология выращивания картофеля дождеванием при весенней посадке. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 32-40. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-03.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При современной экономической оценке системы ведения сельскохозяйственного производства прежде всего особое внимание уделяют применяемым видам орошений и технике полива, которые зависят от многих факторов и условий. В связи с этим немаловажное значение имеет дождевание – более совершенный способ полива, обеспечивающий благоприятные условия для развития и формирования стабильного урожая сельскохозяйственных культур [1, 4, 5, 10].

В настоящее время одним из резервов для улучшения качества продукции и повышения производства картофеля служит разработка научных основ оптимизационных условий выращивания, совершенствования технологии его производства применительно к условиям Волгоградской области, поэтому вызывает особый интерес возделывания районированных раннеспелых сортов, которые способны давать хороший урожай до наступления высоких температур воздуха и почвы [2, 3, 6, 8, 11]. Таковым является среднеранний чипсовый сорт картофеля «ВР 808»

В связи с этим целью нашей работы является изучение влияния закономерности формирования урожая раннего картофеля на уровне 15-25 т/га в зависимости от величины режима орошения и дозы внесения удобрений дождеванием при весенней посадке.

Материалы и методы. Опыты проводились с 2018 по 2020 годы в Городищенском районе Волгоградской области на светло-каштановых почвах. При этом использовались общепринятые рекомендации Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова и других. Почвы исследуемого участка имели тяжелосуглинистые слабоводопроницаемые механического состава, не засолены, т. е. $pH = 7,0-8,3$. При этом плотность почвы в активном 0-0,6 м слое почвы находится на уровне $1,31 \text{ т/м}^3$, содержание гумуса показало, что средняя его величина на участке равнялась 1,87-2,02 %. Дозы вносимых минеральных удобрений определяли по методу В. И. Филина.

На опытных участках (на территории поселка Областной ООО «АГРОПРОГРЕСС»), в соответствии с задачей, изучено влияние режима орошения и доз минеральных удобрений на урожайность среднераннего чипсового сорта картофеля «BP 808». Период созревания картофеля BP 808 составляет 70-80 дней, содержание крахмала – высокое – 16-19 %. Масса товарных клубней – 80-110 г. Количество клубней в кусте – больше 10 штук. Урожайность – до 24,5 т/га. Данный сорт имеет хороший вкус, содержит много полезных веществ, лежкость 95 %. Выращивание подходит для всех регионов (рисунок 1). Цвет мякоти и кожуры соответственно – белый и желтый. Вегетационные поливы осуществлялись дождеванием с использованием дождевальных машин Valley (США) [7, 9, 12].



Рисунок 1 – Общий вид картофеля сорт BP 808

Figure 1 – General view of potatoes grade BP 808

Для получения планируемой урожайности картофеля с применением дождевания схемой опыта предусматривался 2-х факторный полевой опыт:

- 1) водный режим почвы – фактор А;
- 2) доз удобрений – фактор В (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты полевого опыта при выращивании картофеля

Table 1 – Field experience options for growing potatoes

№ варианта / Option No.	Фактор А / Factor A	Фактор В / Factor B	Планируемая урожайность, т/га / Planned yield, t/ha
1	70 % НВ / 70 % of FMC	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	15
2	80 % НВ / 80 % of FMC	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	20
3	80-70 % НВ / 80-70 % of FMC	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	25

Результаты и обсуждение. В течение вегетации потребность картофеля в воде заметно изменяется. В целом в зависимости от условий года количество поливов колеблется от 8 до 14, причем половина из них приходится на период наиболее интенсивного роста растений и клубнеобразования – в фазы бутонизации и цветения.

Поливная норма в зависимости от предполивной влажности почвы составляет 170-250 м³/га, а оросительная норма изменяется в среднем от 2083 до 2550 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения картофеля за 2018-2020 гг. /

Table 2 – Potato irrigation regime for 2018-2020

Нижний порог влажность почвы, % НВ / lower threshold soil mois- ture, % of FMC	Годы иссле- дований / Years of re- search	Общее число поливов, шт. / Total number of deposits, pieces	Поливная нор- ма, м ³ /га / Irri- gation rate, m ³ /ha	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha
70	2018	10	250	2500
	2019	8		2000
	2020	7		1750
	средняя / average	8		2083
80	2018	16	170	2720
	2019	13		2210
	2020	12		2040
	средняя / average	14		2323
80-70	2018	14 (8 / 6)	170 / 250	2860
	2019	12 (7 / 5)		2440
	2020	11 (6 / 5)		2350
	средняя / average	12 (7 / 5)		2550

Примечание: Поддержание нижнего порога влажности почвы от посадки до фазы бутонизация 80 % НВ; 70 % НВ – от фазы бутонизация до конца вегетации.

Note: Maintaining the lower threshold of soil moisture from planting to the budding phase of 80 % of FMC; 70 % of FMC – from the budding phase to the end of the growing season.

В зависимости от года исследования самая высокая оросительная норма сложилась в сухой 2018 г. и изменялась в пределах 2500-2860 м³/га. Максимальное суммарное водопотребление формировалось на варианте с влажностью почвы 80-70 % НВ и равнялось 3730 м³/га. В среднем за годы исследований суммарное водопотребление при выращивании картофеля составило 3305-3711 м³/га.

Оросительная норма в среднем в структуре суммарного водопотребления составила 63,0-68,7 %, а осадки – 19,8-22,2 %. В данной структуре использование запасов почвенной влаги имеет наименьшее значение и в среднем в заданных вариантах изменяется от 11,5 до 14,8 % (рисунок 2).

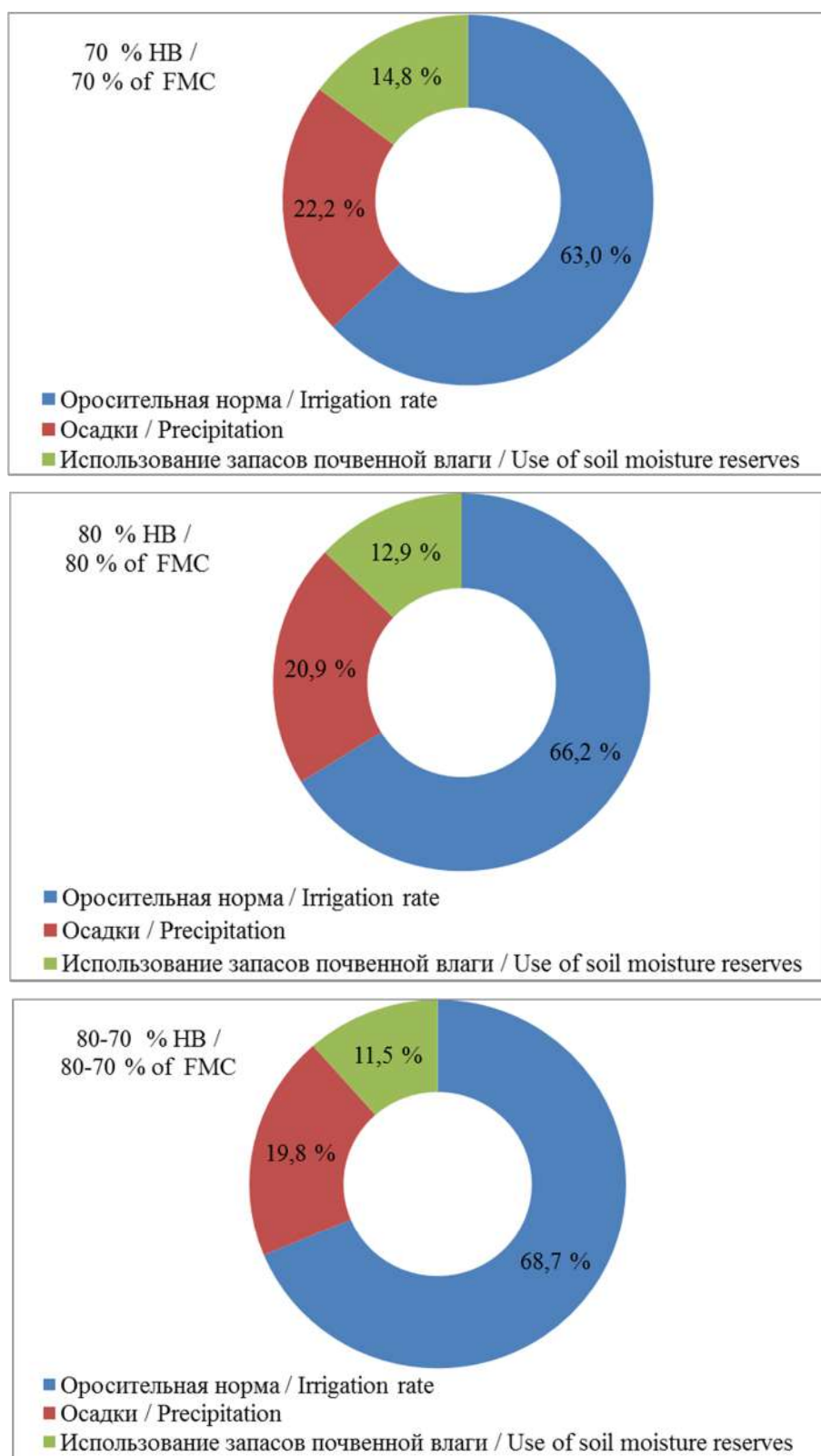


Рисунок 2 – Структура суммарного водопотребления
на посевах картофеля в среднем за 2018-2020 гг.

Figure 2 – The structure of the total water consumption in potato crops
on average for 2018-2020

Растения картофеля нуждаются в глубоко разработанной, достаточно влажной и рыхлой почве, богатой питательными веществами, поэтому основное требование при обработке почвы под картофель – создание максимально глубокого и хорошо разрыхленного пахотного слоя. Достигается это глубокой вспашкой (0,28-0,30 м) обычным плугом или двухъярусной вспашкой плантажным плугом на глубину 0,35-0,37 м. Глубокую вспашку сочетают с внесением повышенных доз удобрений. Учитывая это при формировании урожая картофеля с применением различных доз удобрений установлено, что внесение удобрений способствует значительному снижению затрат оросительной воды и коэффициента водопотребления на образование 1 т клубней картофеля. Так, например, затраты оросительной воды в контрольном варианте в зависимости от режима орошения картофеля изменяются от 210,7 до 234,0 м³/т. При внесении удобрений N₁₃₀P₇₅K₁₀₀ это величина изменяется на 157,4-161,5 м³/т. По мере увеличения доз удобрений систематически повышается урожай картофеля, снижаются затраты оросительной воды и на II и III фоне удобрений соответственно составляют 117,5-124,0 и 100,4-107,9 м³/т (таблица 3).

Таблица 3 – Затраты оросительной воды картофеля в среднем за 2018-2020 гг.

Table 3 – Irrigation water consumption of potatoes on average for 2018-2020

Режим орошения, % НВ / Irrigation mode, % of FMC	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Затраты оросительной воды, м ³ /т / Irrigation water costs, m ³ /t			
		Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀
70	2083	234,0	161,5	124,0	107,9
80	2323	225,5	160,2	122,3	102,8
80-70	2550	210,7	157,4	117,5	100,4

Аналогичные закономерности наблюдаются и при определении коэффициента водопотребления, т. е. чем выше дозы NPK, тем больше снижается величина коэффициента водопотребления. Следовательно, на контрольном варианте эта величина колеблется в пределах 229,1-256,2 м³/т. Однако по мере увеличения доз удобрений от N₁₃₀P₇₅K₁₀₀ до N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ происходит заметное снижение коэффициента водопотребления – от 256,2 до 146,1 м³/т (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты водопотребления картофеля в среднем за 2018-2020 гг. /

Table 4 – Potato water consumption coefficients on average for 2018-2020

Режим орошения, % НВ / Irrigation mode, % of FMC	Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	Коэффициенты водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficients, m ³ /t			
		Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀
70	3305	371,3	256,2	196,7	171,2
80	3510	340,8	242,1	184,7	155,3
80-70	3711	306,7	229,1	171,0	146,1

Анализ экспериментальных данных при поливе дождеванием позволил установить положительное влияние водного режима почвы и доз удобрений на урожайность картофеля. Так, если при 70 % НВ в среднем урожайность картофеля составила 12,9-19,3 т/га, то при 80 % НВ и 80-70 % НВ соответственно 14,5-22,6 т/га и 16,2-25,4 т/га (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность картофеля в зависимости от изучаемых факторов в среднем за 2018-2020 гг.

Table 5 – Potato productivity, depending on the studied factors, on average for 2018-2020.

Дозы удобрений, кг д.в./га / Fertilizer doses, kg of active substance /ha	Предполивная влаж- ность почвы, % НВ / Pre-watering soil mois- ture, % of FMC	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Прибавка урожая от повышения влагообеспеченности / Increase in yield from increased moisture availability	
			т/га / t/ha	%
Контроль (без удоб- рений) / Control (without fertilizers)	70	8,9	–	–
	80	10,3	1,4	15,7
	80-70	12,1	3,2	36,0
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	70	12,9	–	–
	80	14,5	1,6	12,4
	80-70	16,2	3,3	25,6
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	70	16,8	–	–
	80	19,0	2,2	13,1
	80-70	21,7	4,9	29,2
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	70	19,3	–	–
	80	22,6	3,3	17,1
	80-70	25,4	6,1	31,6

В целом формированию максимальной продуктивности картофеля (25,4 т/га) способствовало применение высоких доз минеральных удобрений N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ при дифференцированной 80-70 % НВ влажности почвы в слое 0,6 м в течение вегетации.

Выводы. Подводя итоги, можем отметить, что ежегодно для повышения продуктивности картофеля на орошаемых землях Волгоградской области рекомендуется применять среднеранний чипсовый сорт картофеля «ВР 808». При этом необходимо учитывать научно обоснованное регулирование в течение всего вегетационного периода изучаемых в опыте факторов, то есть от изучаемых режимов орошения и применяемых доз удобрений. Учитывая вышеизложенное делаем вывод, что наибольший урожай картофеля – 25,4 т/га – получается при влажности почвы 80-70 % НВ в сочетании с внесением удобрений N₁₉₀P₉₅K₁₄₀.

Таким образом, регулирование основных факторов жизни растений на орошаемых землях обеспечивает повышение урожайности картофеля, а значит, увеличивается эффективность оросительной мелиорации. Все это позволяет повысить эффективность использования оросительной воды и продуктивности ее использования при выращивании 1 т картофеля.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Джамалетина Е. Э. Особенности водосберегающей технологии полива овощных культур на юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4. С. 120-131.
2. Влияние режима орошения и доз удобрений на продуктивность картофеля летней посадки в Нижнем Поволжье / В. В. Бородычев, Т. Н. Дронова, А. А. Дергачев, И. А. Дергачева // Плодородие. 2017. № 1 (94). С. 14-16.
3. Динамическая модель раннеспелого картофеля для регулирования гидротермического режима агроценоза в условиях Волгоградской области / А. С. Овчинников, А. А. Бубер, Ю. П. Добрачев, В. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 65-76.
4. Дубенок Н. Н., Болотин Д. А. Капельное орошение летних посадок картофеля в Нижнем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (68). С. 52-55.

5. Гурина И. В., Мельник Т. В., Калечак И. М. Эффективность орошения картофеля весенней посадки современной дождевальнoй техникой в условиях юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 77-83.

6. Плескачѳв Ю. Н. Зимина Ж. А., Андросов П. А. Возделывание раннего картофеля в регионе Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 35-40.

7. Плескачѳв Ю. Н. Зимина Ж. А., Андросов П. А. Совершенствование технологий возделывания различных сортов картофеля в Северном Прикаспии // Аграрная Россия. 2022. № 5. С. 32-36.

8. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. No 341. 012105.

9. Gebremariam H. L., Weide K., Kahsay K. D. Optimizing yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under different depth of irrigation water levels // Sustainable Water Resources Management. 2018. Vol. 4. Issue 4. P. 1043-1049.

10. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov, A. Akhmedov, E. Borovoy, S. Milovanov, K. Bondarenko // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. V. 282.

11. Martinez-Romero A., Dominguez A., Landeras G. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 216. P. 164-176.

12. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop / Ribeiro da Silva A. L. Biscaia, H.T. Hashiguti, L. Zotarelli [et al.] // Vadose Zone Journal. 2018. Vol. 17. I. 1. No 180077.

Информация об авторах:

Ахмедов Аскар Джангир оглы, профессор ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) доктор технических наук, профессор, askar-5@mail.ru

Кузнецов Юрий Владимирович, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-81-53), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Гущина Ирина Анатольевна, соискатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), gabduova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-04

ADAPTIVE LANDSCAPE SYSTEM OF AGRICULTURE OF THE VOLGOGRAD REGION: PROBLEMS AND PROSPECTS

A.M. Belyakov, A.V. Koshelev, M.V. Nazarova

Federal State Budget Scientific Institution

*«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 24.06.2022

Submitted 05.09.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences № 122020100312-0 "Theory and principles of the formation of adaptive agroforest reclamation complexes in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change"

Summary

The article outlines the landscape approach in agriculture, which currently defines a flexible and adaptive way of using the land resources of the region, taking into account the growth of production and environmental conservation

Abstract

Introduction. A number of authors note in the Lower Volga region an annual decrease in humus content (0.1-0.6%), deterioration of soil water regime and growth of degraded lands, the area of which in Volgograd region alone amounted to 930-1300 thousand ha. Recently, an increase in the adverse effects of droughts and dry winds has been noticed, which ultimately leads to a decrease in productivity and sustainability of agricultural landscapes. The prospects for the development of the agricultural sector in Volgograd oblast lie in the implementation of scientific potential and the development of adaptive-landscape farming system, the introduction of resource-saving technologies of crops cultivation. Innovative agro-technological complex helps to stabilize soil fertility, reduce erosion processes, and ensure consistently high yields. The development of balanced agrolandscapes provides an opportunity to maximize the approximation of land use to the natural conditions of landscapes, which determines the relevance of the topic. **Object.** The studies were conducted in the agrolandscapes of the dry-steppe zone of the Volgograd Region. **Materials and methods.** The research methodology is based on methodological approaches developed by Dospekhov B.A., Konstantinov P.N., Goryansky M.M. at the: All-Russian Research Institute of Agroforestry; All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion; Russian Research Institute of Information and Feasibility Studies for Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex; Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, using remote methods (space image interpretation), and field surveys of stationary objects within land use boundaries (field observation data and analysis). **Results and conclusion.** Landscape structure of the land fund of the region and agrolandscape zoning of the territory is proposed. On the basis of three typological groups we developed agrolandscape districts. Four classes of land suitable for arable land were identified: for intensive use (with cultivated soil), for moderate use (areas with optimal humus content for each type of soil), limited use (with near-critical soil humus content), and for conservation (with a critical level of fertility).

Key words: agriculture system, agricultural landscape, landscape, relief, slopes, arable land typification, soil fertility, humus, yield.

Citation. Belyakov A.M., Koshelev A.V., Nazarova M.V. Adaptive landscape system of agriculture of the Volgograd region: problems and prospects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 40-47 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-04.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.11

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. М. Бе́ляков, доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Ко́шелев, кандидат сельскохозяйственных наук

М. В. На́зарова, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 24.06.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

*Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания
Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного
лесоразведения Российской академии наук № 122020100312-0 «Теория и принципы
формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны
юга РФ в контексте климатических изменений»*

Актуальность. Рядом авторов отмечается в Нижнем Поволжье ежегодная убыль содержания гумуса (0,1-0,6 %), ухудшение водного режима почв и рост деградированных земель, площадь которых только по Волгоградской области составила 930-1300 тыс. га. В последнее время замечено

усиление неблагоприятного воздействия засух и суховеев, что в конечном итоге приводит к снижению продуктивности и устойчивости агроландшафтов. Перспектива развития АПК Волгоградской области заключается в реализации научного потенциала и освоении адаптивно-ландшафтной системы земледелия, внедрении ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Инновационный агротехнологический комплекс позволяет стабилизировать плодородие почв, снизить эрозионные процессы, обеспечить получение стабильно высоких урожаев. Разработка сбалансированных агроландшафтов дает возможность максимально приблизить способы землепользования к естественным условиям функционирования ландшафтов, что и определяет актуальность темы. **Объект.** Исследования проводились в агроландшафтах сухостепной зоны Волгоградской области. **Материалы и методы.** Методика исследований основывается на методических подходах, разработанных ФГБНУ ВНИАЛМИ, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, ФГБНУ «Росинформагротех», ФГБНУ ФНИЦ агроэкологии РАН, Доспехова Б. А., Константинова П. Н., Горянского М. М., с использованием дистанционных методов (дешифрирования космоснимков) и полевых обследований стационарных объектов в границах землепользований (данные натурных наблюдений и их анализ). **Результаты и выводы.** Предложена ландшафтная структура земельного фонда области и проведено агроландшафтное районирование территории. На основе трех типологических групп нами разработаны агроландшафтные районы. Выделены четыре класса земель, пригодных под пашню: для интенсивного использования (с окультуренной почвой), для умеренного использования (участки с оптимальной обеспеченностью гумусом для каждого вида почвы), ограниченного использования (с околоритической обеспеченностью почвы гумусом), под консервацию (с критическим уровнем плодородия).

Ключевые слова: системы земледелия, агроландшафты, уклоны, типизация пашни, плодородие почв, гумус.

Цитирование. Беляков А. М., Кошелев А. В., Назарова М. В. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Волгоградской области: проблемы и перспективы. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 40-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Постоянно возрастающее антропогенное воздействие на агроландшафты и природную среду в сочетании с климатическими изменениями приводит к нарушению экологического равновесия на огромных территориях страны, в том числе и в Нижнем Поволжье, где отмечается существенное снижение содержания гумуса на 0,1-0,6 % за последние 20 лет, ухудшение водного режима почв и рост деградированных земель, площадь которых только по Волгоградской области составила 930-1300 тыс. га, замечено усиление неблагоприятного воздействия засух и суховеев, что приводит к снижению продуктивности и устойчивости агроландшафтов [1-4, 7, 10, 11, 13].

В целях ослабления и противодействия неблагоприятным факторам наукой разработана адаптивно-ландшафтная система земледелия (АЛСЗ), стабилизирующая структурно-функциональные свойства ландшафта за счет адаптации хозяйственной деятельности в земледелии (Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года, 2009).

Материалы и методы. Методика исследований основана на современном и ретроспективном анализе научной литературы (Мальцев Т. С., 1971; Бараев А. И., 1975; Жученко А. А., 1979; Павловский Е. С., Васильев Ю. И., Зайченко К. И. и др., 1991; Исаченко А. Г., 1992; Мамай И. И., 1992; Кирюшин В. И., 1993, 1996; Банников А. Г., 1999; Кирюшин В. И., Иванов А. Л., 2005; Володин В. М., 2000; Масютенко Н. П., 2000, 2004; Володин В. М., Еремина Р. Ф., Михайлова Н. Ф., 2000; Айдаров И. П., 2005; Корчагина Л. П., 2005; Сухов А. Н., Балашов В. В., Филин В. И. и др. 2007; Овсинский И. Е., 2012; Лопырев М. И., 2012; Фокин А. Д. и др.) [6, 14, 15].

Изучение и анализ систем земледелия и агротехнологий, типизация пашни, исследование фактического состояния агролесоландшафтов проводились с использованием методик, разработанных ФГБНУ ВНИАЛМИ, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, ФГБНУ «Росинформагротех», ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН, Доспехова Б. А., Константинова П. Н., Горянского М. М., методик обследования объектов, получения и анализа информации со стационарных площадок, методик исследования и анализа космоснимков [8, 9].

Результаты и обсуждение. Ведение земледелия и агробизнеса в Волгоградской области сопряжено с определенными рисками, но есть и положительные аспекты, к которым относятся обширная территория, солнечная инсоляция, высокая сумма положительных и эффективных температур, щелочная среда и богатый спектр ППК, благоприятные условия для вызревания и хранения продукции.

Общая территория области составляет около 11,3 млн га. Площадь с.-х. угодий – примерно 8,3 млн га (81,9 %), пашни – около 5,63 млн га (73 % от площади с.-х. угодий). ГТК – 0,3-0,7, дефицит увлажнения высокий и достигает 70 %. Функционирует 10 303 крестьянско-фермерских хозяйств и 360 крупных сельскохозяйственных предприятий [12].

Разработанной аграрной наукой и утвержденной РАСХН системой сухого земледелия рекомендовано, что доля парового поля должна составлять 23-28 % от всей пашни, озимый клин – 24,6 %, яровые зерновые – 25 %, подсолнечник – 3,6 %, кормовые – 20,1 % и пашня в обработке – 100 % [12].

Длительный период (более 30 лет) с приходом рыночных отношений способствовал нарушению структуры севооборотов, и в настоящее время пары занимают 35,0-50 %, озимые – 24,0-30,0 %, яровые зерновые – 10,7 %, подсолнечник – 14,3 %, кормовые – 1,8 %, появилась строка в статистике «пашня вне обработки» – 21,4 %.

Существенно снижена доля кормовых культур в севообороте, подсолнечник засевают на площади 600-800 тыс. га, что привело к монополии в посевах озимой пшеницы и подсолнечника. Нарушился баланс между озимым и яровым клином, между яровыми зерновыми и пропашными, снизилась доля бобовых и крестоцветных культур. Сегодня наблюдается отрицательный баланс по NPK около 12 кг/га пашни по д.в., а предпочтение мелкой и поверхностной обработки почвы привело к потере плодородия почвы и усилили деградационные процессы в агроландшафтах.

Следствием интенсификации земледелия стали переуплотнение, дегумификация и частичное засоление почв, местами наблюдается заболачивание отдельных участков поля, загрязнение воды и окружающей среды, нарушение сложившихся балансов в экосистеме, что приводит к снижению качества и выхода продукции.

По данным Кирюшина В.И. (2010), уровень гумуса в почве падает в период интенсивного использования на 20-30 % от средних значений, а в последние десятилетия его доля снизилась еще на 0,8-1,2 %.

Возникла объективная необходимость в новом научном подходе и научных разработках нового поколения. В начале 2000-х годов была разработана зональная АЛСЗ, где определена доля пашни в степных ландшафтах 45-50 %, рекомендован защитный каркас от дефляции (ПЛП с размещением их через 70-100 м). Озимые должны занимать 20-35 % площади, чистый пар – 20-24 %, в т.ч. сидераты – 5-12 %, кукуруза на зерно – 10 %, технические – 2-17%, зернобобовые – до 10 %, кормовые – до 14 % и многолетние травы – от 9 до 16 %. Обработка почвы – модульная, система удобрений с положительным балансом элементов питания, окупаемость которых достигает 10-12 кг/кг д.в. (Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство, 2005).

Разработана ландшафтная структура земельного фонда области и проведено агроландшафтное районирование территории. Предлагается дифференцировать агроландшафтные районы следующим образом: 1) степной равнинно-волнистый чернозем-

ный; 2) сухостепной, возвышенный, темно-каштановый и каштановый; 3) пустынно-степной, плоскоравнинный, солонцово-светло-каштановый; 4) сухостепной, равнинно-волнистый, солонцово-каштановый; 5) пустынно-степной, плоскоравнинный, светло-каштановый солонцовый; 6) песчано-суглинистые лесолуговые поймы; 7) надпойменные песчаные террасы [12].

В основе этого направления лежат идеи В. В. Докучаева о необходимости дифференцированного подхода к системам мероприятий в земледелии. Современный методический подход позволяет дифференцировать сельскохозяйственную деятельность одновременно на уровне урочища, местности, ландшафта и отдельного водосбора.

Формирование урожая на 40-70 % зависит от рельефа местности, в зависимости от эродированности почвы урожай может снижаться на 10-80 % [5].

По данным ЮжНИИгипрозем, в Волгоградской области площадь пашни составляет: на склонах крутизной до 1° – 3,6 млн га (63 %), от 1 до 2° – 1,3 млн га (22,9 %), от 2 до 3° – 0,6 млн га (10 %) и более 3° – 254 тыс. га или 4,2 % (таблица 1) [12].

Особенность агроландшафтного земледелия в дифференцированном использовании пашни из-за различной степени эродированности почвенного покрова и крутизны склона. Так, в Волгоградской области интенсивному использованию подлежит пашня (до 3°) – 5,5 млн га (95,6 %), умеренному (3-5°) – 226,2 тыс. га (3,9 %), ограниченному (5-7°) – 23,2 тыс. га, подлежит консервации (более 7°) – 5-8 тыс. га (таблица 1) [12].

Таблица 1 – Распределение пашни по уклонам в агроландшафтах
Волгоградской области

Table 1 – The location of arable land on slopes in the agro-landscape areas of the Volgograd region

Агроландшафтный район / Agrolandscape area	Площадь пашни, тыс. га / Arable land area, thous. ha	Характеристика по уклонам (%) / Slope characteristic (%)					
		<1°	1-2°	2-3°	3-5°	5-7°	>7°
Степной равнинно-волнистый черноземный / Steppe plain-wavy chernozem	1865,2	58,4	25,9	10,3	4,7	0,1	0,1
Сухостепной возвышенный темно-каштановый и каштановый / Dry-steppe sublime dark chestnut and chestnut	1069,1	38,4	37,7	17,2	5,8	0,7	0,1
Сухостепной возвышенный каштановый и плоско-равнинный солонцово-светло-каштановый (Правобережье р. Волги) / Dry-steppe elevated chestnut and flat-plain solonetz light chestnut (Right Bank of the Volga River)	1619,2	60,3	23,2	11,6	4,7	0,2	-
Сухостепной равнинно-волнистый солонцово каштановый (Левобережье р. Волги) / Dry-steppe plain-wavy solonetz chestnut (Left Bank of the Volga River)	915,4	92,9	6,3	0,7	0,1	-	-
Пустынно-степной плоско-равнинный светло-каштановый солонцовый / Desert-steppe flat-plain light chestnut solonetz	329,9	90,7	4,7	3,7	0,8	0,1	-
По области / Total by region	5798,8	62,7	22,9	10,0	3,9	0,4	0,1

Урожайность зерновых культур и свойства почвы коррелируют. В Нижне-Волжском НИИСХ разработан метод дифференциации пашни по интенсивности использования, который основан на учете изменения уровня плодородия почвы по рабочим участкам полей.

Обеспеченность пахотного слоя общим гумусом (окультуренная, оптимальная, околоритическая и критическая) является основным критерием уровня плодородия почвы и оказывает существенное влияние на продуктивность зерновых культур.

Предлагается выделять четыре класса земель, пригодных под пашню: для интенсивного использования (с окультуренной почвой), для умеренного использования (участки с оптимальной обеспеченностью гумусом для каждого вида почвы), ограниченного использования (с околоритической обеспеченностью почвы гумусом), под консервацию (с критическим уровнем плодородия).

Аграрной наукой Волгоградской области разработан проект «О трансформации малопродуктивной пашни в другие виды угодий по районам области». Рекомендовано трансформировать 669,2 тыс. га, в том числе перевести в пастбища – 375,4 тыс. га, в залежь – 286,2 тыс. га и оставить под консервацию – 7,5 тыс. га.

Наименьшие издержки производства в расчете на 1 га отмечаются на варианте с минимальной обработкой почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительные технико-экономические показатели способов обработки и почвообрабатывающих орудий

Table 2 – Comparative technical and economic indicators of processing methods and tillage tools

Показатель / Indicator	Единица измерения / Unit of measure	Способы обработки почвы и с.-х. орудия / Method of tillage and agricultural implements		
		Отвальная на 25-27 см ПН-4-35 / dump on 25-27 cm PN-4-35	Мелкая на 12-14 см КПЭ-3,8 / small on 12-14 cm KPE-3,8	поверхностная на 8-10 см БДТ-3 / surface on 8-10 cm BDT-3
Энергоемкость / energy intensity	КВт-ч/га / KW-h/ha	237	89	128
Затраты труда / Labor costs	ч. час/га / h. hour ha	2,38	0,39	0,5
Удельный расход топлива / Specific fuel consumption	кг/га / kg/ha	26,5	5,2	5,9
Производительность / Productivity	га/час / ha/hour	0,83	2,6	2,0
Количество условных агрегатов / Number of conditional aggregates	усл. ед. / conv. units	12,1	4,0	5,1

Ландшафтные подходы предполагают расширенное воспроизводство плодородия почвы и переход на почвозащитные, энергоресурсосберегающие обработки почвы.

Нами установлено, что агроландшафтными требованиям в наибольшей степени отвечает технология мульчирующей обработки почвы, в том числе технология прямого посева. Пожнивные остатки и землерастительная мульча являются эффективным средством для сохранения влаги, защищают почву от перегрева, сокращают существенно эрозию почвы и являются основной для восстановления плодородия слоя. Это основополагающие звенья борьбы с засухой.

По биоэнергетической оценке технология мульчирующей обработки почвы имеет ряд существенных преимуществ. Эффективность адаптивно-ландшафтных систем подтверждена результатами практического земледелия.

Применение технологии No-till существенно снизило проявления водной и ветровой эрозии. Например, в АО «Усть-Медведицкое» и КФХ Шкарупелова С. В., прирост гумуса за 5, 13 лет составил соответственно 0,04, 0,49 %, обеспеченность почвы

гумусом изменилась: выросла до 50,4 % площадь пашни с высокой обеспеченностью, с низкой – упала с 63 % в 2003 году до 17,5 % в 2016 году. Обеспеченность почв подвижным фосфором выросла: средняя – с 52 % до 69,4 %, высокая – с 15,0 % до 24,2 %, низкая упала с 33 % до 6,4 %. Площадь пашни со средней и высокой обеспеченностью почвы фосфором выросла с 3928 га в 2003 году до 5091 га в 2008 году.

В итоге, когда в марте 2015 года в регионе ветровая эрозия нанесла существенный урон и вынос почвы достигал 12-28 т/га, на территориях этих землепользователей эрозия почв практически не наблюдалась.

Выводы. Перспектива развития АПК Волгоградской области заключается в реализации природного потенциала и, прежде всего, состоит в освоении адаптивно-ландшафтной системы земледелия и использовании ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Комплекс мер позволяет стабилизировать плодородие почвы, нивелировать эрозионные процессы, обеспечить получение стабильно высоких урожаев, сформировать сбалансированные агроландшафты и тем самым создать условия для максимального приближения приемов землепользования к естественному функционированию природных ландшафтов.

Библиографический список

1. Беляков А. М., Назарова М. В. Агроландшафты и технологии засушливого земледелия // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 35-39.
2. Беляков А. М., Назарова М. В. Структура посева как фактор экологической сбалансированности агроландшафтов засушливой зоны юга России // Научно-агрономический журнал. 2020. № 3 (110). С. 31-37.
3. Беляков А. М., Васильев Ю. И., Турко С. Ю., Назарова М. В. Пыльные бури в Волгоградской области, их проявление и борьба с ними // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 2-8.
4. Гаврилов А. М. Экологические проблемы в земледелии Нижнего Поволжья // Природопользование в аграрных регионах России. М.: Современные тетради, 2006. С. 44-49.
5. Егорова Г. С., Плескачев Ю. Н., Максимова Н. С. Продуктивность сельскохозяйственных угодий в условиях расчленённых агроландшафтов зоны каштановых почв Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. 108 с.
6. Кирюшин В. И. Технологическая модернизация земледелия России: предпосылки и условия // Земледелие. 2015. № 6. С. 6-10.
7. Кулик К. Н., Рулев А. С., Сажин А. Н. Глобальные процессы дефляции степных экосистем // Метеорология и гидрология. 2018. № 43 (9). С. 607-612.
8. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Геоинформационное моделирование структуры и динамики агролесоландшафтов // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. № 2. С. 5-20.
9. Кулик К. Н., Ткаченко Н. А., Кошелев А. В. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты Волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 161-163.
10. Плескачев Ю. Н., Костин М. В. Деградация земель в Нижнем Поволжье // Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.
11. Рябинина Н. О., Канищев С. Н., Шинкаренко С. С. Современное состояние и динамика степных геосистем юго-востока Русской равнины (на примере природных парков волгоградской области) // Юг России: экология, развитие. 2018. № 13 (1). С. 116-127.
12. Belyakov A. M. Typing of agricultural landscapes in the Volgograd region // Arid Ecosystems. 2021. V. 11. № 1. P. 102-108.
13. Kirillov S. N., Ryabinina N. O., Grechishkin A. O. The current state and protection of steppe landscapes in the Volgograd region of Russia // Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic SASA. 2019. No. 69 (3). P. 213-228.
14. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems // Eurasian Soil Science. 2019. No. 52 (9). P. 1137-1145.
15. Rainfed Integrated Farming Systems in arid zone: Resilience Unmatched / S. P. S. Tanwar, T. K. Bhati, Akath Singh, M. Patidar, B. K. Mathur, Praveen Kumar, O. P. Yadav // Indian Journal of Agronomy. 2019. No. 63 (4). P. 403-414.

Информация об авторах

Беляков Александр Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9541-8383 e-mail: dokbam49@mail.ru

Кошелев Александр Валентинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0003-4048-7549 e-mail: alexkosh@mail.ru

Назарова Марина Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID:0000-0002-7933-3152 e-mail: mn1967@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-05

EFFICIENCY OF THE USE OF NEW GENERATION GROWTH PROMOTING DRUGS DURING CULTIVATION OF TABLE BEET IN THE LOWER VOLGA REGION

A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 10.03.2022

Submitted 30.08.2022

The research was carried out in the framework of research in 2018-2021.

*"Improve zonal agricultural technologies for crop cultivation in order to effectively
use the natural resource potential of agricultural landscapes of the Northern Caspian region
" Topic № 0722-2019-0016*

Summary

The results of growing canteen beets under conditions of light chestnut soil on drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of a high yield of the studied crop.

Abstract

Introduction. Important regions for the production of vegetable products in the south of Russia are the Astrakhan, Volgograd and Rostov regions. Today, there is especially an increase in the consumption of root crops, in particular table beets. According to the Institute of Nutrition, about 130–140 kg of vegetable products should be present in the human diet during the year, of which 5–8% are table beets. **Object.** Table beet: *Mulatka, Hutoraynka, Efiopka, Bona Fl.* **Materials and methods.** For the first time in the irrigated area of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» on light chestnut solonchaks soil in the period 2019 ... 2021. A scientific experiment was carried out on the effect of foliar dressings with new generation growth-stimulating preparations aimed at increasing the indicators of the elements of the yield structure and the biochemical composition of the obtained table beet products cultivated on irrigation using a drip irrigation system. The research work consisted in setting up a field experiment, which included a two-factor field experiment with a systematic placement by the method of split plots on table beets. The material of the study was: Aminofol Plus - an anti-stress agrochemical, Novosil - a natural growth stimulator and Aminovit - a complex preparation with microelements. **Results and conclusions.** In the course of the experiment, on average over the years of study from 2019 ... 2021, on the variant (spraying with water), the value of the water consumption coefficient, depending on the yield of varieties and hybrids of table beet, which were under study, varied from 106.6 to 151.0 m³ / t. A low water consumption coefficient was noted in the *Efiopka* variety with foliar treatment with the Aminovit preparation and amounted to 74.8 m³ / t. In the course of studying various varieties and a hybrid of table beet, a high-yielding *Efiopka* variety was identified, which showed the maximum level of productivity for all options in the study.

Key words: *cultivation of table beet, variety, hybrid, water consumption coefficient, growth stimulants, yield.*

Citation. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Efficiency of the use of new generation growth promoting drugs during cultivation of table beet in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 47-52 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-05.

Author's contribution. All authors are directly related to the present study, were directly involved in the laying of field experience. Participated in the execution and analysis of the experiment. All authors of the paper were made aware of the final results for publication.

Conflict of interests. The authors of this publication declare that there is no conflict of interest.

УДК 635.1/.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук

О. В. Костыренко, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН
Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы на 2018-2021 годы.

"Совершенствование зональных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур с целью эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов Северного Каспийского региона " Тема № 0722-2019-0016

Дата поступления в редакцию 10.03.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Актуальность. Важными регионами по производству овощной продукции на юге России являются Астраханская, Волгоградская и Ростовская области. В настоящее время наблюдается рост употребления корнеплодов, в частности свеклы столовой. По данным Института питания, в рационе человека в течение года должно присутствовать около 130...140 кг овощной продукции, из них свеклы столовой – 5...8 %. **Объект.** Свекла столовая: Мулатка, Хуторянка, Эфиопка, Бона F1. **Материалы и методы.** Впервые на орошаемом участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» на светло-каштановой солонцеватой почве в период 2019...2021 гг. был проведен научный эксперимент по влиянию листовых подкормок ростостимулирующими препаратами нового поколения, нацеленных на увеличение показателей элементов структуры урожайности и биохимического состава полученной продукции столовой свеклы, возделываемой при использовании системы капельного орошения. Научно-исследовательская работа заключалась в постановке полевого эксперимента, который предусматривал двухфакторный полевой опыт с систематическим размещением методом расщепленных делянок на свекле столовой. Материалом исследования послужили: Аминофол Плюс – антистрессовый агрохимикат, Новосил – природный ростостимулятор и Аминовит – комплексный препарат с микроэлементами. **Результаты и выводы.** В ходе проведенного эксперимента, в среднем за годы изучения с 2019...2021 гг., на варианте (спрыскивание водой) значение коэффициента водопотребления в зависимости от урожайности сортов и гибрида столовой свеклы, находящихся в изучении, изменялось от 106,6 до 151,0 м³/т. Низкий показатель коэффициента водопотребления был отмечен у сорта Эфиопка с листовой обработкой препаратом Аминовит и составил 74,8 м³/т. В ходе изучения различных сортов и гибрида столовой свеклы был выделен высокоурожайный сорт Эфиопка, который показал максимальный уровень урожайности по всем вариантам.

Ключевые слова: *возделывание столовой свеклы, сорта свеклы столовой, гибриды свеклы столовой, коэффициент водопотребления свеклы, ростостимуляторы растений, урожайность свеклы столовой.*

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Эффективность использования ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании столовой свеклы в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 47-52. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-05.

Авторский вклад. Все авторы имеют прямое отношение к настоящему исследованию, принимали непосредственное участие в закладке полевого опыта. Участвовали в выполнении и анализе эксперимента. Авторы данной публикации были ознакомлены с окончательными результатами для публикации.

Конфликт интересов. Авторы данной публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Первостепенное значение увеличения урожайности культур овощеводческого направления принадлежит удобрениям, за счет которых формируются максимально-устойчивые урожаи с хорошим качеством. Достаточно благоприятные природно-климатические условия юга России в сравнении с другими регионами страны дают возможность получать различную продукцию овощеводства открытого грунта на 1,5-2 месяца раньше, что в свою очередь предопределяет экономическую перспективность и важность данного производства [1-3, 5-6].

В связи с чем, важной задачей остается усовершенствование способов возделывания овощных культур на орошаемых участках [8-10].

Большинство регионов РФ проводят исследования по возделыванию столовой свеклы с применением ростостимулирующих препаратов [11-14].

Например, на экспериментальном участке ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА» (2010...2012 гг.) была проведена комплексная оценка допосевной обработки препаратом Байкал ЭМ-1 семян и всходов столовой свеклы. Результаты исследования Грязева В. И. в ходе полевых исследований было доказано положительное действие препарата Байкал ЭМ-1 при обработке семян и растений свеклы столовой [4].

Эксперимент, проводимый на опытном участке в Раменском районе Московской области, показал достаточно высокую урожайность (69,4 т/га) при использовании $N_{120}P_{60}K_{180}$ в комплексе с препаратом Циркон и микроудобрением ТенсоТМ Коктейль [7].

Целью настоящего изучения являлось усовершенствование способов и приемов возделывания сортов и гибрида столовой свеклы с применением современных ростостимулирующих препаратов на фоне минеральных удобрений при капельном орошении на светло-каштановой солонцеватой почве Северного Прикаспия.

Материалы и методы. Полевой двухфакторный опыт на орошаемом участке был заложен методом расщепленных делянок в трехкратной повторности. Размещение делянок согласно методике Б. А. Доспехова – систематическое.

В полевом эксперименте **фактор А** – сорта свеклы столовой среднего срока созревания: Мулатка, Хуторянка, Эфиопка и гибрид Бона F1. **Фактор В** – природный ростостимулятор Новосил, антистрессовый агрохимикат Аминофол Плюс и минеральное удобрение Аминовит.

Площадь под опытом – 240,0 м², под сортом – 60,0 м², под вариантами – 20,0 м². Норма высева – 600,0...700,0 тыс. шт./га. Посев осуществлялся овощной сеялкой точного высева EarthWay 1001-B.

Варианты опыта предусматривали контроль (опрыскивание водой), а также внекорневые подкормки в период вегетации препаратами Аминовит, Аминофол Плюс и Новосил. Обработки проводились согласно регламенту и нормам, установленным товаропроизводителем.

Проведенные наблюдения и измерения были выполнены с помощью общепринятых методик: Доспехова Б. А., Никитенко Г. Ф. (1982 г.), Белика В. Ф., Литвинова С. С., методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2015 г.), а также согласно Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве (2018 г.).

По мере технического созревания был проведен учет урожайности столовой свеклы поделяночно методом сплошной уборки (ГОСТ 32285-2013).

Результаты и обсуждение. По итогам трех лет изучения было проведено в среднем на свекле столовой 32 полива поливной нормой 180 м³/га. По итогам учётов общее суммарное водопотребление в среднем было равным 6355 м³/га.

Низкое значение коэффициента водопотребления (74,8 м³/т) было получено на варианте с обработкой по листу минеральным удобрением Аминовит. На контрольном варианте коэффициент водопотребления в зависимости от урожайности сортов и гибрида свеклы столовой, находящихся в изучении, изменялся от 106,6 до 151,0 м³/т. По результатам проведенного анализа за период 2019...2021 гг. был выделен высокоурожайный сорт Эфиопка на варианте с использованием препарата Аминовит. Общий сбор с делянки составил 42,5 кг при средней массе корнеплода 231 г. Так, биологическая урожайность на данном варианте составляла 85,1 т/га с прибавкой к контрольному варианту +21,1 т/га, товарная была равна 66,9 т/га с прибавкой к контролю +13,7 т/га, товарность – 78,4 %. Самым низкоурожайным по итогам трех лет оказался сорт Мулатка, при этом биологическая урожайность по вариантам исследования варьировала от 44,9 до 62,7 т/га, товарная продукция – от 27,1 до 45,6 т/га (таблица 2). Сорт Хуторянка и гибрид Бона F₁ не выделялись за годы исследований и были на уровне среднего. Урожайность у данных образцов по вариантам изучения изменялась от 47,6 до 65,3 т/га при средней массе от 170,0 до 226,0 г. Товарность корнеплодов находилась в диапазоне 64,7... 82,8 %. По результатам изучения было доказано, что вариант с использованием листовой обработки комплексным минеральным удобрением Аминовит оказался самым продуктивным у всех сортов и гибрида свеклы столовой, находящихся в изучении (таблица 2).

Таблица 1 – Коэффициент водопотребления столовой свеклы, среднее значение за 2019...2021 гг.

Table 1 – Table beet water consumption coefficient, average value for 2019 ... 2021

Сорт / Гибрид / Variety / Hybrid	Вариант / Option	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ /t
Мулатка / Mulatto	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	151,0
	Аминовит / Aminovit	103,7
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	115,6
	Новосил / Novosil	115,3
Хуторянка / Farmer	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	134,1
	Аминовит / Aminovit	99,7
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	108,8
	Новосил / Novosil	114,7
Бона F ₁ / Bona F ₁	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	118,3
	Аминовит / Aminovit	100,6
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	98,8
	Новосил / Novosil	106,8
Эфиопка / Ethiopian	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	106,6
	Аминовит / Aminovit	74,8
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	89,9
	Новосил / Novosil	94,9

Таблица 2 – Урожайность свеклы столовой в зависимости от вариантов обработки, среднее за 2019...2021 гг.

Table 2 – Table beet yield depending on processing options, average for 2019...2021

Сорт / Гибрид / Variety / Hybrid	Вариант / Option	Средняя масса кор-неплода, г / Medium root mass, g	Биологическая урожайность, т/га / Biologists chesky harvest-capacity, t/ha	± к кон-тролю, т/га / ± to control, t/ha	Товарная уро-жайность, т/га / Commodity crop-capacity, t/ha	Товар-ность, % / Product-ness, %
Мулатка / Mulatto	Контроль) / Control (no processing)	235,0	44,9	-	27,1	62,8
	АМИНОВИТ / Aminovit	272,0	62,7	17,8	45,6	73,5
	АМИНОФол Плюс / Aminofol Plus	277,0	55,3	10,4	39,2	71,5
	Новосил /Novosil	288,0	56,5	11,6	41,9	76,8
Хуторянка / Farmer	Контроль) / Control (no processing)	211,0	47,6	-	35,0	74,4
	АМИНОВИТ / Aminovit	213,0	64,5	16,9	49,7	75,2
	АМИНОФол Плюс / Aminofol Plus	226,0	58,3	10,7	41,3	69,9
	Новосил /Novosil	241,0	55,6	8,0	36,2	64,7
Бона F ₁ / Bona F ₁	Контроль) / Control (no processing)	170,0	55,0	-	45,1	82,8
	АМИНОВИТ / Aminovit	183,0	64,1	9,1	51,7	80,5
	АМИНОФол Плюс / Aminofol Plus	217,0	65,3	10,3	52,9	80,5
	Новосил /Novosil	183,0	60,4	5,4	50,1	83,1
Эфиопка / Ethiopian	Контроль) / Control (no processing)	199,0	64,0	-	53,2	84,4
	АМИНОВИТ / Aminovit	231,0	85,1	21,1	66,9	78,4
	АМИНОФол Плюс / Aminofol Plus	228,0	72,4	8,4	58,0	80,7
	Новосил /Novosil	198,0	71,1	7,1	58,9	83,7
НСР ₀₅ (А)			0,8			
НСР ₀₅ (В)			0,8			
НСР ₀₅ (АВ)			0,7			

Выводы:

1. Экспериментальные данные, полученные в ходе исследований, показали, что использование листовой обработки комплексным препаратом с микроэлементами Аминовит, способствовало формированию высоких показателей урожайности свеклы столовой.

2. По итогам проведенных исследований было определено, что более низкий показатель коэффициента водопотребления (74,8 м³/т) был получен у сорта свеклы столовой Эфиопка на варианте с обработкой препаратом Аминовит.

3. В ходе исследований за три года изучения был выделен наиболее продуктивный и высокоурожайный сорт Эфиопка на варианте с использованием препарата Аминвит. Так, биологическая урожайность на данном варианте составляла 85,1 т/га с прибавкой к контрольному варианту +21,1 т/га, товарная была равна 66,9 т/га с прибавкой к контролю +13,7 т/га, товарность – 78,4 %.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 36-42.
2. Ахмедов А. Д. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 161-167.
3. Богушевич П. Т., Леонов Ф. Эффективность различных видов комплексных удобрений для некорневых подкормок при возделывании свеклы столовой на агродерново-подзолистой супесчаной почве // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2015. № 11-12. С. 44-46.
4. Грязева В. И. Формирование урожая столовой свеклы под влиянием препарата Байкал ЭМ-1 // Нива Поволжья. 2014. № 1 (30). С. 29-33.
5. Жидков В. М. Влияние обработки почвы и внесения гербицидов на урожайность столовой свеклы при капельном орошении в Нижнем Поволжье // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2014. № 4. С. 46-49.
6. Жидков В. М. Влияние обработки почвы и внесения гербицидов на урожайность столовой свеклы при капельном орошении // Аграрная наука. 2014. № 12. С. 18-20.
7. Коломиец А. А., Борисов В. А., Васючков И. Ю., Успенская О. Н. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество свёклы столовой в условиях нечерноземной зоны // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. С. 66-70
8. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Энергетическая оценка режимов орошения при возделывании овощных культур в условиях Волгоградской области // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3. С. 172-178.
9. Сюбаева А. О., Титова В. И. Эффективность биологического удобрения Азофобактерин-АФ на столовой свекле // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 1. С. 36-38.
10. Ходяков Е. А., Осинкин В. В., Русаков А. В. Улучшение водного режима и удобрённости почвы для повышения урожайности перца и столовой свеклы в аридной зоне России // Научный альманах. 2016. № 1-3(15). С. 55-58.
11. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability / B. M. Amirov, Z. S. Amirova, U. A. Manabaeva, K. R. Zhasybaeva // Vegetable crops of Russia. 2017. № 4 (37). P. 23-27.
12. Chavez J. A. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine // Agronomy Research. 2019. V. 17 (6). P. 2220-2232.
13. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // Acta Horticulturae. 2019. P. 37-42.
14. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries 2018. Vol. 13 No 3 P. 232-240.

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, д.с.-х. наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черныярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORCID 0000-0003-4816-5667)

Костыренко Оксана Владимировна, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черныярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID 0000-0002-9650-9674)

THE INFLUENCE OF WATER AND NUTRITION REGIMES OF THE SOIL ON THE PRODUCTIVITY OF PERENNIAL LEGUMES

T. N. Dronova, N. I. Burtseva, D. K. Kulik,
E.I. Molokantseva, S. V. Zemlyanitsyna

*Federal State Budget Scientific Institution
«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

Received 19.04.2022

Submitted 25.05.2022

Abstract

Introduction. Perennial forage crops play an important and multifunctional role in the stabilization and development of agricultural production. The expansion of the range of perennial legumes, their introduction into crop rotations contributes to increasing the sustainability of the production of various feeds, improving their qualitative composition, preserving and increasing soil fertility. The development of cultivation techniques for various types of legumes will allow attracting new species to the feed production of the region, capable of providing valuable animal feed through the implementation of biological capabilities. The purpose of our research is to study the species composition of perennial legumes for further selection of perennial grasses that most fully utilize the bioclimatic resources of the region while optimizing the cultivation conditions capable of forming high and stable yields of high-quality biomass. **Object.** The object of research is traditional and non-traditional types of perennial legumes. **Materials and methods.** The research materials are: blue hybrid, yellow and variegated hybrid, sandy and Transcaucasian Sainfoin, horned lyadvenets and meadow clover. The scheme of experiments includes options for applying calculated doses of fertilizers against the background of maintaining three pre-watering thresholds of soil moisture. Observations, records, measurements were carried out in accordance with the requirements of generally accepted methods of experimental work. **Results and conclusions.** Indicators of the completeness of bean seedlings ranged from 38-50%, the density of plant standing – 280-377 pcs./ m². In the year of sowing, the total water consumption of grasses varied according to the options for maintaining the pre-watering moisture threshold (60, 70 and 80% HB) from 4.2 to 4.7 thousand m³/ha. In the second year, the water consumption of crops was 4.8-5.6, in the third - 5.3-5.7 thousand m³/ha. In the structure of total water consumption, the share of irrigation water was 64-77%, precipitation - 21-27, moisture used from soil moisture reserves – about 8%. For the formation of 1 ton of green mass of legumes, from 110 to 203 m³ was spent in variants without fertilizers and from 70 to 126 m³ – in variants with an improved nutrition background. Among the species of legumes, the most responsive to the improvement of cultivation conditions were plants of alfalfa blue hybrid and variegated, sandy and Transcaucasian Sainfoin. Grass crops were formed in three mowing from 32 to 76 t/ha of green mass. The productivity of leguminous grasses largely depended on the doses of fertilizers applied and the improvement of the water regime (an increase in the pre-irrigation moisture threshold from 60 to 80% HB). The yield of green biomass increased from 24-40 to 50-80 t/ha.

Key words: *perennial legumes, types of herbs, food regime, water regime, yield.*

Citation. Dronova T. N., Burtseva N. I., Kulik D.K., Molokantseva E.I., Zemlyanitsyna S. V. The influence of water and nutrition regimes of the soil on the productivity of perennial legumes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022 . 3(67). 53-61 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-06.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.31/.37

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Д. К. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. И. Молоканцева, кандидат сельскохозяйственных наук

С. В. Земляницына, младший научный сотрудник

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 19.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Многолетние кормовые культуры выполняют важную и многофункциональную роль в стабилизации и развитии сельскохозяйственного производства. Расширение ассортимента многолетних бобовых трав, введение их в севообороты способствует повышению устойчивости производства различных кормов, улучшению их качественного состава, сохранению и приумножению почвенного плодородия. Отработка приемов возделывания различных видов бобовых трав позволит привлечь в кормопроизводство региона новые виды, способные за счет реализации биологических возможностей обеспечить животноводство ценными кормами. Целью наших исследований является изучение видового состава многолетних бобовых культур для дальнейшего отбора многолетних трав, наиболее полно использующих биоклиматические ресурсы региона при оптимизации условий возделывания, способных формировать высокие и стабильные урожаи высококачественной биомассы. **Объект.** Объектом исследований являются традиционные и нетрадиционные виды многолетних бобовых трав. **Материалы и методы.** Материалом исследований служат: синегибридная, желтая и пестрогибридная люцерна, песчаный и закавказский эспарцет, лядвенец рогатый и клевер луговой. Схема опытов включает варианты внесения расчетных доз удобрений на фоне поддержания трех предполивных порогов влажности почвы. Наблюдения, учеты, измерения проводились в соответствии с требованиями общепринятых методик опытного дела. **Результаты и выводы.** Показатели полноты всходов бобовых культур колебались в пределах 38-50%, густоты стояния растений – 280-377 шт./м². В год посева суммарное водопотребление трав изменялось по вариантам поддержания предполивного порога влажности (60, 70 и 80 % НВ) от 4,2 до 4,7 тыс. м³/га. Во второй год водопотребление посевов равнялось 4,8-5,6, в третий – 5,3-5,7 тыс. м³/га. В структуре суммарного водопотребления доля оросительной воды составляла 64-77 %, осадков – 21-27, влаги, использованной из почвенных запасов влаги – около 8 %. На формирование 1 тонны зеленой массы бобовых трав расходовалось от 110 до 203 м³ в вариантах без удобрений и от 70 до 126 м³ – на вариантах с улучшенным фоном питания. Среди видов бобовых трав наиболее отзывчивыми на улучшение условий возделывания оказались растения люцерны синегибридной и пестрогибридной, эспарцета песчаного и закавказского. Посевы трав формировали за три укоса от 32 до 76 т/га зеленой массы. Продуктивность бобовых трав в значительной степени зависела от доз внесенных удобрений и улучшения водного режима (повышение предполивного порога влажности с 60 до 80 % НВ). Урожайность зеленой биомассы увеличивалась с 24-40 до 50-80 т/га.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, виды бобовых трав, пищевой режим почвы, водный режим почвы, урожайность бобовых трав.

Цитирование. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Кулик Д. К., Молоканцева Е. И., Земляницына С. В. Влияние водного и пищевого режимов почвы на продуктивность многолетних бобовых трав. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 53-61. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-06.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Большая часть территории Нижнего Поволжья характеризуется преобладанием неблагоприятных для выращивания сельскохозяйственных культур факторов. Высокая температура воздуха в летние месяцы, частые суховейные явления, малое количество осадков или полное их отсутствие в отдельные периоды тормозят создание высокопродуктивных травостоев. Повышение устойчивости сельскохозяйственного производства может быть достигнуто за счет рационального использования видов и сортов сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания.

Кормопроизводство заслуженно считается важнейшей отраслью сельского хозяйства, которая обеспечивает животноводство разнообразными кормами, сбалансированными по обменной энергии, белку и другим питательным элементам. Оно обеспечивает создание стабильной и прочной кормовой базы. В полевом кормопроизводстве Российской Федерации приоритетным направлением является поиск способов повышения продуктивности кормовых агроценозов. Расширение ассортимента многолетних бобовых трав и введение их в кормопроизводство способствует значительному повышению устойчивости производства кормов, улучшению качественного состава получаемой биомассы [1, 3, 6, 7, 9, 12, 14].

Многолетние бобовые культуры богаты питательными веществами, незаменимы в рационе кормления сельскохозяйственных животных. В растениеводстве травы способствуют созданию эффективных севооборотов и повышению урожайности зерновых и технических культур, в земледелии – повышают почвенное плодородие, защищают земли от деградации и эрозии [8, 11, 13].

Различные сорта кормовых трав позволяют стабилизировать урожайность по годам и делать равномерным поступление кормов в течение вегетационного периода растений. Сорта кормовых культур отечественной селекции по продуктивности находятся на уровне зарубежных, а по зимостойкости, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, толерантности в смешанных посевах – превосходят их. Возделывание многолетних трав на орошаемых землях позволяет реализовать биологические возможности отечественных сортов и получать за 3-4 укоса 60-80 т/га зеленой массы с высоким содержанием питательных веществ [2, 4, 5, 10].

Цель наших исследований – изучение видового состава многолетних агрофитоценозов на орошаемых землях Нижнего Поволжья с последующим отбором продуктивных многолетних трав, в полной мере использующих биоклиматические ресурсы региона в сочетании с улучшенными водным и пищевым режимами почвы для формирования высоких и стабильных урожаев высококачественной кормовой массы.

Материалы и методы. Исследования проводились на светло-каштановых тяжелоуглинистых почвах, с содержанием в пахотном слое 18,0-22,2 мг азота, 20,2-26,7 – подвижного фосфора, 232-290 мг/кг почвы – обменного калия, с очень низким содержанием гумуса – 1,46-1,72 %. Плотность почвы по горизонтам составляет 1,30-1,44 т/м³, наименьшая влагоемкость 0,7-метрового слоя – 22,2 %, порозность – 48,5 %.

Материалом исследований служат люцерна изменчивая и желтая, эспарцет песчаный и закавказский, лядвенец рогатый и клевер луговой. Семена указанных видов бобовых трав были предоставлены ведущими научно-исследовательскими учреждениями Российской Федерации.

Минеральные удобрения (фосфорные и калийные) вносили расчетными дозами по вариантам опыта осенью под основную обработку почвы. Азотные – в первый год – под предпосевную культивацию и после уборки покровной культуры, в последующие годы жизни травостоя – весной, в начале отрастания бобовых трав, затем под полив после первого и второго укосов. Весенний посев люцерны, клевера и лядвенца проводили нормой 7 млн, эспарцета – 6 млн, покровной культуры (ячменя) – 4 млн всхожих семян/га. Площадь опытных делянок – 50 м², повторение в пространстве – четырехкратное.

Влажность почвы в вариантах водного режима поддерживалась вегетационными поливами дождевальными машинами Вауер. Ячмень убирали в фазу колошения, бобовые травы – в фазу «бутонизация – начало цветения».

Учеты, измерения и наблюдения на опытных посевах осуществляли в соответствии с методическими указаниями ВНИИОЗ (1989), ВНИИ кормов (1997). Статистическая обработка материалов исследований выполнялась на ПК с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Полнота всходов бобовых трав при весеннем посеве изменялась от 38 до 50 %. Густота стояния растений составила по культурам в среднем 280-377 шт./м² (таблица 1).

Таблица 1 – Густота стояния растений в фазу полных всходов на посевах многолетних бобовых трав первого года жизни

Table 1 – The density of standing plants in the phase of full shoots on crops of perennial legumes of the first year of life

Культура / Culture	Количество растений, шт./м ² / Number of plants, pcs./m ²			
	2019 г. / 2019 year	2020 г. / 2020 year	2021 г. / 2021 year	в среднем за 3 года / on average for 3 years
Люцерна синегибридная / Alfalfa blue hybrid	374	277	354	335
Люцерна пестрогибридная / Alfalfa variegated hybrid	367	367	396	377
Люцерна желтая / Yellow alfalfa	280	363	202	282
Лядвенец рогатый / Lyadvenets horned	360	370	264	330
Клевер луговой / Meadow clover	328	332	315	325
Эспарцет песчаный / Sainfoin sandy	320	392	246	319
Эспарцет закавказский / Sainfoin trans-caucasian	294	339	208	280

В годы проведения исследований зимой складывались благоприятные условия для перезимовки трав. Зимняя гибель растений не превышала 6,5-8,0 %, в целом за вегетацию изреживание составляло 17-30 %. Большому изреживанию подвергались травостой люцерны желтой, эспарцета песчаного, клевера лугового.

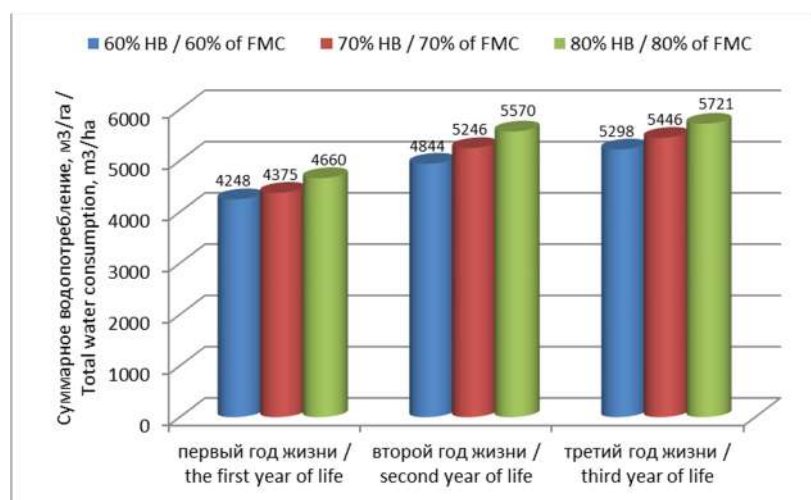


Рисунок 1 – Суммарное водопотребление многолетних бобовых культур, среднее за 2019-2021 гг.

Figure 1 – Total water consumption of perennial legumes, average for 2019-2021

Посевы трав первого года жизни поливали 7-10 раз. В период от полных всходов до уборки покровной культуры влажность почвы поддерживалась на заданном уровне проведением частых поливов малыми нормами 150-300 м³/га. Суммарное водопотребление травостоев при поддержании 60, 70 и 80 %-ного предполивного порога влажности составляло в среднем по годам исследований 4248, 4375 и 4660 м³/га соответственно. Во второй год суммарное водопотребление травостоев бобовых трав изменялось от 4844 до 5570 м³/га. На посевах третьего года жизни оросительная норма равнялась 3600-4200, суммарное водопотребление – 5298-5721 м³/га (рисунок 1).

В структуре суммарного водопотребления многолетних трав доля оросительной воды занимала в годы исследований 64,7-77,0 %, на долю осадков приходилось 20,7-27,2, влаги, использованной из почвы – 2,3-8,1 % (таблица 2).

Таблица 2 – Структура суммарного водопотребления многолетних бобовых культур второго года жизни

Table 2 – Structure of total water consumption of perennial legumes of the second year of life

Год исследования / Year of research	Оросительная норма / Irrigation rate		Осадки / Precipitation		Использовано из запасов почвенной влаги / Used from soil moisture reserves		Суммарное водопотребление / Total water consumption	
	м ³ /га / m ³ /ha	%	м ³ /га / m ³ /ha	%	м ³ /га / m ³ /ha	%	м ³ /га / m ³ /ha	%
Предполивной порог влажности почвы 60 % НВ / Pre-watering threshold of soil moisture 60 % of FMC								
2020	3450	72,7	1087	22,9	208	6,4	4745	100
2021	3200	64,7	1342	27,2	400	8,1	4942	100
Средн.	3325	68,6	1215	25,1	304	6,3	4844	100
Предполивной порог влажности почвы 70 % НВ / Pre-watering threshold of soil moisture 70 % of FMC								
2020	3850	75,4	1087	21,3	168	3,3	5105	100
2021	3700	68,7	1342	24,9	345	6,4	5387	100
Средн.	3775	72,0	1215	23,2	256	4,8	5246	
Предполивной порог влажности почвы 80 % НВ / Pre-watering threshold of soil moisture 80 % of FMC								
2020	4050	77,0	1087	20,7	122	2,3	5259	100
2021	4250	72,2	1342	22,8	290	5,0	5882	100
Средн.	4150	74,5	1215	21,8	206	3,7	5570	

Наряду с урожайностью эффективность орошения определяется затратами воды на формирование единицы продукции. Бобовые травы второго года жизни на контрольных вариантах расходовали на формирование 1 т зеленой массы от 110 до 203 м³ воды, на вариантах с внесением удобрений – от 70 до 126 м³. Наиболее отзывчивыми на водный и пищевой режимы почвы оказались растения люцерны сине- и пестрогибридной, эспарцета песчаного и закавказского. Затраты воды на формирование 1 т зеленой массы в вариантах с улучшенным фоном питания составили 70-73 м³. Несколько выше эти показатели были у лядвенца рогатого и клевера лугового – 81-96 м³/т. Во второй и третий годы жизни бобовые культуры расходовали влагу продуктивнее, чем в первый год.

За период вегетации посевы первого года жизни в 2019 и 2020 гг. после уборки покровной культуры формировали один-два укоса. Урожайность зеленой массы бобовых трав составила в среднем за три года 6,4-14,1 т/га. Улучшение пищевого режима

почвы за счет внесения расчетных доз удобрений способствовало формированию более высоких урожаев по сравнению с контрольными вариантами. Урожайность люцерны на контроле без внесения удобрений равнялась 5,5-9,4, лядвенца – 6,3-7,8, клевера – 6,2-7,4, эспарцета – 7,4-10,0 т/га. При внесении удобрений расчетными дозами урожайность трав повышалась по культурам на 1,7-4,4 т в вариантах поддержания 60 %-ного порога влажности почвы, на 2,3-5,8 – при 70 %-ном и на 2,7-6,8 т/га – при поддержании 80 %-ного предполивного порога.

Посевы второго года жизни формировали за вегетационный период три полноценных укоса. В среднем за 2020 и 2021 гг. урожайность люцерны синегибридной составила 32,1-76,8, пестрогибридной – 31,7-76,8 т, желтой – 24,4-52,0, лядвенца – 29,1-57,9, клевера – 33,0-69,2, эспарцета песчаного – 39,3-79,8, закавказского – 40,1-79,2 т/га зеленой массы (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность многолетних бобовых трав второго года жизни, среднее за 2020-2021 гг.

Table 3 – Yield of perennial legumes of the second year of life, average for 2020-2021

Культура / Culture «С»	Фон питания / Power background «В»	Зеленой массы, т/га / Green mass, t/ha		
		предполивной порог влажности почвы, % НВ / pre-watering threshold of soil moisture, % of FMC «А»		
		60	70	80
Люцерна синегибридная / Alfalfa blue hybrid	Без удобрений / Without fertilizers	32,1	43,1	49,0
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	48,7	60,0	65,2
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	62,7	70,9	76,8
Люцерна желтая / Yellow alfalfa	Без удобрений / Without fertilizers	24,4	33,0	36,4
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	39,1	41,8	44,3
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	49,8	49,9	52,0
Люцерна пестрогибридная / Alfalfa variegated hybrid	Без удобрений / Without fertilizers	31,7	44,0	48,7
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	49,1	58,8	63,2
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	63,1	70,0	76,8
Лядвенец рогатый / Lyadvenets horned	Без удобрений / Without fertilizers	29,1	34,8	39,2
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	34,8	44,4	47,6
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	43,5	54,4	57,9
Клевер луговой / Meadow clover	Без удобрений / Without fertilizers	33,0	38,0	41,3
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	45,4	52,0	57,7
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	57,7	60,5	69,2
Эспарцет песчаный / Sainfoin sandy	Без удобрений / Without fertilizers	39,3	47,1	49,1
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	53,0	63,8	67,2
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	65,8	75,4	79,8
Эспарцет закавказский / Sainfoin transcaucasian	Без удобрений / Without fertilizers	40,1	46,8	50,5
	N ₁₂₀ P ₆₈ K ₇₅	53,3	65,1	71,0
	N ₁₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	65,4	76,4	79,2
НСР ₀₅	2020 г.	2021 г.		
	А – 2,81	3,02		
	В – 2,98	3,34		
	С – 3,89	3,88		

При анализе полученных данных выяснилось, что на продуктивность бобовых культур значительное влияние оказывали удобрения, внесенные расчетными дозами и водный режим. В вариантах без удобрений урожайность люцерны сине- и пёстрогибридной составила 31,7-49,0 люцерны жёлтой и лядвенца – 24,4 -39,2, клевера лугового – 33,0-41,3, эспарцета песчаного и закавказского – 39,3-50,5 т/га зеленой массы. При улучшении фона питания за счет внесения расчетных доз удобрений урожайность повышалась по сравнению с контролем в 1,2-1,4 раза. Улучшение водного режима (повышение предполивного порога влажности почвы с 60 до 70 и 80 % НВ) положительно сказывалось на формировании биомассы: урожайность бобовых трав увеличивалась по вариантам опыта на 9,0-38,0 % (таблица 3).

В третий год жизни на контроле травы формировали урожай зеленой массы на уровне 20,8-37,7 т/га. При улучшении фона питания и условий водного режима урожайность повышалась до 43,3-74,0 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность бобовых трав третьего года жизни, 2021 г.

Table 4 – Yield of legumes of the third year of life, 2021

Культура / Culture «С»	Фон питания / Power background «В»	Зеленой массы, т/га / Green mass, t/ha предполивной порог влажности почвы / pre-watering threshold of soil moisture «А»		
		60 % НВ / 60 % of FMC	70 % НВ / 70 % of FMC	80 % НВ / 80 % of FMC
Люцерна синегибридная / Alfalfa blue hybrid	Без удобрений / Without fertilizers	26,3	30,9	33,0
	НРК ₁	43,6	48,0	51,0
	НРК ₂	55,5	63,5	67,3
Люцерна желтая / Yellow alfalfa	Без удобрений / Without fertilizers	20,8	25,8	28,6
	НРК ₁	31,4	36,7	41,9
	НРК ₂	43,3	49,5	52,0
Люцерна пестрогибридная / Alfalfa variegated hybrid	Без удобрений / Without fertilizers	30,0	32,1	34,6
	НРК ₁	44,8	47,5	49,4
	НРК ₂	61,0	69,8	72,9
Лядвенец рогатый / Lyadvenets horned	Без удобрений / Without fertilizers	23,2	29,0	31,0
	НРК ₁	35,0	40,1	43,1
	НРК ₂	43,5	50,2	55,1
Клевер луговой / Meadow clover	Без удобрений / Without fertilizers	24,7	28,5	30,1
	НРК ₁	36,4	39,5	43,8
	НРК ₂	46,8	53,4	57,6
Эспарцет песчаный / Sainfoin sandy	Без удобрений / Without fertilizers	28,2	33,6	35,2
	НРК ₁	45,3	50,7	53,9
	НРК ₂	66,0	71,6	73,6
Эспарцет закавказский / Sainfoin transcaucasian	Без удобрений / Without fertilizers	30,6	35,8	37,7
	НРК ₁	48,6	53,5	56,6
	НРК ₂	62,9	68,6	74,0

НСР₀₅ А – 1,23; В – 1,51; С – 2,30.

Наибольшая доля в общем урожае бобовых культур приходилась на первый укос, в котором формировалось 41,8-52,2 % биомассы от общего урожая, доля второго укоса составляла 33,4-36,2 %, третьего – 17,3-26,2 %.

Выводы. Итоги исследований показали, что рассматриваемые виды бобовых трав в условиях региона имели различную полноту всходов: люцерна сине- и пестрогибридная, лядвенец и эспарцет – 48,0-49,8, клевер луговой – 43,7, люцерна желтая – 37,3 %. Густота стояния растений в фазу полных всходов колебалась в среднем от 270 до 380 штук на 1 м².

В первый год жизни за период вегетации изреживание травостоя составляло около 17-30 %. Люцерна сине- и пестрогибридная по сравнению с другими видами бобовых культур оказалась более устойчивой: изреживание за сезон оценивалось в 17-19 %.

Суммарное водопотребление бобовых трав первого года жизни изменялось по вариантам водного режима от 4,2 до 4,7, второго года – от 4,8 до 5,6 и третьего – от 5,3 до 5,7 тыс. м³/га. На долю оросительной воды приходилось от 64 до 77 %, осадков – 21-27, из запасов почвенной влаги травами использовалось до 8 %.

Сочетание водного и пищевого режимов почвы позволило многолетним бобовым травам во второй год жизни сформировать урожайность на уровне 24,4-79,8 т/га зеленой массы. В вариантах без удобрений при поддержании 60 %-ного предполивного порога влажности почвы урожайность различных видов трав составила 24,4-40,1 т/га. Внесение удобрений расчетными дозами и проведение более частых поливов (повышение предполивного порога с 60 до 80 % НВ) способствовало повышению урожайности до 44,3-79,8 т/га. В третий год жизни улучшение условий водного и пищевого режимов почвы также способствовало повышению урожайности по всем изучаемым культурам.

Таким образом, изучаемые виды бобовых трав способны формировать на орошаемых землях высокие и стабильные урожаи биомассы. Для реализации их потенциала следует использовать оптимальные сочетания водного и пищевого режимов почвы.

Библиографический список

1. Бирюкович А. Л., Саскевич Л. А., Цубленок А. В. Возделывание люцерны посевной и клевера лугового на мелиорированной почве Белорусского Поозерья // Мелиорация. 2021. № 4 (98). С. 26-34.
2. Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Получение семян клевера лугового в Нижнем Поволжье при орошении // Аграрный вестник Урала. 2021. № 8 (211). С. 2-8.
3. Донских Н. А., Михайлова А. Г., Пивень М. Г. Сравнительная продуктивность разных сортов клевера лугового при возделывании на кормовые и семенные цели в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. 2021. № 1 (62). С. 17-26.
4. Дрозд Д. А. Особенности развития клевера лугового при различной обеспеченности влагой // Мелиорация. 2018. № 3 (85). С. 69-73.
5. Дронова Т. Н. Сочетание основные регулируемых факторов для формирования высокопродуктивных травостоев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2018. № 4 (52). С. 146-152.
6. Дьяченко В. В. Продуктивность сортов клевера лугового различного уровня плоидности в агроклиматических условиях серых лесных почв Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (89). С. 33-40.
7. Игнатьев С. А., Регидин А. А. Оценка продуктивности и качества корма сортов эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 12-15.
8. Косолапов В. Г., Муссие С. А. Питательная ценность люцерны различных сортов в процессе роста и развития // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 17-24.
9. Монгуш Л. Т. Возделывание эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*) на корм в условиях Республики Тыва // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 31-35.
10. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И. Влияние технологических приемов на формирование семенной продуктивности лядвенца рогатого в Удмуртской республике // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 1 (56). С. 15-20.

11. Спиридонов А. М., Мазин А. М. Урожайность и качество травостоев сортов клевера лугового на северо-западе России // Аграрная Россия. 2021. № 10. С. 8-11.

12. Юзупанов А. В., Лученок Л. Н., Птащев О. В. Урожайность люцерны желтой (*Medicago falcata* L.), возделываемой на агроторфяных почвах Полесья // Мелиорация. 2021. № 1 (95). С. 38-45.

13. Productivity and nutritional value of 20 species of perennial legumes in a low-rainfall mediterranean-type environment in southern Australia / H. C. Norman, A. W. Humphries, E. Hulm, D. M. Peck, P. E. Vercoe // Grass and Forage Science. № 76 (1). P. 134-158.

14. Xie K.-Y. Change in productivity of swards of different forage legume and grass species monocultures and combinations in the semi-arid region of Xinjiang Province // Acta Prataculturae Sinica. 2020. № 29 (4). P. 29-40.

Информация об авторах

Дронова Тамара Николаевна, главный научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), Заслуженный деятель науки РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-4791>, e-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Бурцева Наталья Ивановна, заведующая отделом интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Кулик Дмитрий Константинович, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-6661>

Молоканцева Елена Ивановна, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-7976>, e-mail: elena-molok@yandex.ru

Земляничина Светлана Владимировна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5268>, svetla80@inbox.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-07

SPRING BARLEY BREEDING IN THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zelenev¹, V. N. Pitonya², E. P. Sukhareva², A. V. Belikina²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 22.04.2022

Submitted 04.05.2022

Summary

The article presents data on the breeding of new spring barley varieties adapted to the drought conditions of the Lower Volga region with high and stable grain yield.

Abstract

Introduction. Spring barley is a popular crop in the Lower Volga region. In the Volgograd region, the area sown with this crop reaches 305,700 hectares. Barley is widespread because it is less demanding in terms of growing conditions. Yields in this crop remain low in Volgograd oblast, requiring the development of varieties more adapted to drought conditions with high and stable grain yields. **Object.** New spring barley samples and varieties from the source nursery, first and second year breeding nurseries, control nursery, preliminary and competitive variety trials were the objects of the study. **Materials and methods.** Spring barley selection was carried out in the conditions of the right-bank zone of chestnut

soils of dry steppes in the Lower Volga region in 2017-2021. The soil of the experimental plot is medium loamy, heavy loam. The humus content of the arable layer is 1.8-2.4 %, gross phosphorus and nitrogen 0.11 and 0.06 %. Experiments were laid on black fallow and the main cultivation was carried out with disk implements to a depth of 8-10 cm. Local breeding material, the collection of the All-Russian research institute of plant industry and samples received from other breeding institutions were used for the research work. The method used to create the original breeding material was intraspecific step and ecologically distant hybridisation followed by individual selection in hybrid populations of the second and subsequent generations. Barley yield data were processed by the method of analysis of variance according to B. A. Dospekhov. The technological properties of the grains – 1000-grain weight, naturalness, and uniformity of the selected samples were evaluated in all nurseries. **Results and conclusion.** In a control nursery, 25 spring barley accessions selected from 18 hybrid populations were studied that were promising for further varietal testing. The Medicum 1119 showed the highest yield with high grain quality, outperforming the standard variety Medicum 139 by 0.62 t/ha or 95.4 %. Its 1000-grain weight was 51.8 g, which was 2.6 g or 5.3 % higher than the standard. The kernel's kernel body was 13 g/l or 2.2 % higher than the standard and was 605 g/l, compared to 592 g/l for the standard. Grain size of Medicum 1119 was 7.0 % less than the standard Medicum 139, the growing period was on par with it and was 65 days. The fastest-ripening number, Medicum 1052 (vegetation period 61 days), was also significantly 0.49 t/ha or 75.4 % higher than the standard variety Medicum 139. The 1000-grain weight of this sample was 1.7 g or 3.4 % less than the standard and amounted to 47.5 g. The kernel's kernel body was 598 g/l, which was 6 g/l higher than the standard, which had 592 g/l. Grain coarseness was also inferior to Medicum 139 at 11.7 %, which was a disadvantage in this sample. In the preliminary variety trial, 28 varieties of spring barley were sown. The highest yielding variety Medicum 1062a surpassed the standard by 0.88 t/ha or 55.7 % and had the highest 1000-grain weight, 49.2 g, which was 2.3 g or 4.9 % higher than the standard. This variety also had a grain nature that was 10 g/l or 1.6 % higher than the standard, at 620 g/l. Grain evenness was 31.6 %, which was 10.7 % higher than the Medicum 139 standard. In a competitive variety trial, 14 spring barley varieties were studied. The results of the research allowed us to identify the most heat- and drought-tolerant varieties. The most productive varieties Medicum 885 and Medicum 1059a had yields of 1.34 and 1.32 t/ha respectively, which was 0.52 and 0.5 t/ha or 63.4 and 61.0 % higher than the standard variety Medicum 139. In terms of technological properties these varieties were slightly inferior to the standard, respectively: by 1.9 and 0.4 g or 5.0 and 1.0 % weight of 1000 grains; by 8 and 16 g/l or 1.3 and 2.6 % grain size; by 0.3 and 12.6 % grain size. The varieties Nutans 982, Medicum 1054, Medicum 1061a, Medicum 1059 and Enermi 1098 also significantly outperformed the standard by 0.13; 0.21; 0.23; 0.33 and 0.4 t/ha or 15.8; 25.6; 28.0; 40.2 and 48.8 % respectively. The standard exceeded the varieties Submedicum, Medicum 1059 and Enermi 1098 by 1.0; 0.4 and 0.3 g or 2.6; 1.0 and 0.8 %, respectively, in terms of 1000 grain weight. Only the variety Medicum 1061a exceeded the standard by 2 g/l, or 0.3 %, with a kernel density of 620 g/l. The growing season for all varieties was the same and was 65-66 days. On average over the five years of research, the highest yield was achieved by the variety Medicum 885 - 2.14 t/ha, which significantly exceeded the standard variety Medicum 139 by 0.24 t/ha or 12.6 %. The varieties Nutans 982 and Medicum 200 also significantly exceeded the standard by 0.16 and 0.19 t/ha, or 8.4 % and 10.0 % respectively. The best variety Medicum 885 was less susceptible to variation in yield from year to year, with a coefficient of variation of 69.4 % compared with 75.4 % for the standard.

Key words: *spring barley, variety, 1000-grain weight, nature, coarseness, evenness, growing season, yield.*

Citation. Zeleney A. V., Pitonya V. N., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Spring barley breeding in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro University Comp.* 2022. 3(67). 61-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-07.

Author's contribution. All authors were directly involved in the planning, execution or analysis of the research, and also reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 631.52:633.16 (470.44/47)

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**А. В. Зеленев¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**В. Н. Питоня²**, старший агроном-селекционер**Е. П. Сухарева²**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**А. В. Беликина²**, научный сотрудник¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.04.2022

Дата принятия к печати 04.05.2022

Актуальность. Яровой ячмень – популярная культура в Нижнем Поволжье. В Волгоградской области площадь посевов этой культуры достигает 305,7 тыс. га. Широкое распространение ячменя объясняется тем, что он менее требователен к условиям выращивания. Урожайность данной культуры в Волгоградской области остается низкой, что требует создания сортов, более адаптированных к засушливым условиям с высокой и стабильной урожайностью зерна. **Объект.** Объектом исследования являлись новые образцы и сорта ярового ячменя из питомника исходного материала, селекционных питомников первого и второго года, контрольного питомника, предварительного и конкурсного сортоиспытания. **Материалы и методы.** Селекция ярового ячменя проводилась в условиях правобережной зоны каштановых почв сухих степей Нижнего Поволжья в 2017-2021 гг. Почва экспериментального участка – среднесуглинистая, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 1,8-2,4 %, валового фосфора и азота – 0,11 и 0,06 %. Опыты закладывали по черному пару, основная обработка проводилась дисковыми орудиями на глубину 8-10 см. Для исследовательской работы использовался местный селекционный материал, коллекция ВНИИР и образцы, полученные из других селекционных учреждений. Методом создания исходного селекционного материала являлась внутривидовая ступенчатая и экологически отдаленная гибридизация с последующим индивидуальным отбором в гибридных популяциях второго и последующих поколений. Данные по урожайности ячменя обработаны методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Технологические свойства зерна – масса 1000 зерен, натура, выравненность отобранных образцов оценивались во всех питомниках. **Результаты и выводы.** В контрольном питомнике изучалось 25 образцов ярового ячменя, отобранных из 18 гибридных популяций, перспективных для дальнейшего сортоиспытания. Наибольшую продуктивность при высоком качестве зерна показал образец Медикум 1119, который превзошел по урожайности сорт стандарт Медикум 139 на 0,62 т/га или 95,4 %. Масса 1000 зерен у него составляла 51,8 г, что было выше стандарта на 2,6 г или 5,3 %. Натура зерна превзошла стандарт на 13 г/л или 2,2 % и равнялась 605 г/л, у стандарта – 592 г/л. Крупность зерна у Медикум 1119 уступала стандарту Медикум 139 на 7,0 %, вегетационный период был на уровне с ним и составлял 65 дней. Самый скороспелый номер Медикум 1052 (вегетационный период 61 день) также значительно на 0,49 т/га или 75,4 % превышал по урожайности сорт стандарт Медикум 139. Масса 1000 зерен у этого образца уступала стандарту на 1,7 г или 3,4 % и составляла 47,5 г. Натура зерна равнялась 598 г/л, что было выше стандарта на 6 г/л, у которого этот показатель составлял 592 г/л. Крупность зерна также уступала стандарту Медикум 139 на 11,7 % и составляла 11,8 %, что являлось недостатком данного образца. В предварительном сортоиспытании высевалось 28 сортов ярового ячменя. Самый высокоурожайный сорт Медикум 1062а превосходил стандарт на 0,88 т/га или 55,7 %, имел самую высокую массу 1000 зерен – 49,2 г, что было выше стандарта на 2,3 г или 4,9 %. У этого сорта также была выше стандарта натура зерна на 10 г/л или 1,6 % и составляла 620 г/л. Выравненность зерна равнялась 31,6 %, что было выше стандарта Медикум 139 на 10,7 %. В конкурсном сортоиспытании изучалось 14 сортов ярового ячменя. Результаты исследований позволили выделить наиболее жаро- и засухоустойчивые сорта. Наиболее продуктивные сорта Медикум 885 и Медикум 1059а, у которых урожайность, соответственно, равнялась 1,34 и 1,32 т/га, что было

выше сорта стандарта Медикум 139 на 0,52 и 0,5 т/га или 63,4 и 61,0 %. По технологическим свойствам зерна эти сорта несколько уступали стандарту, соответственно: по массе 1000 зерен на 1,9 и 0,4 г или 5,0 и 1,0 %; натуре зерна на 8 и 16 г/л или 1,3 и 2,6 %; крупности зерна на 0,3 и 12,6 %. Достоверно превосходили стандарт по урожайности зерна также сорта Нутанс 982, Медикум 1054, Медикум 1061а, Медикум 1059 и Энерми 1098, соответственно на 0,13; 0,21; 0,23; 0,33 и 0,4 т/га или 15,8; 25,6; 28,0; 40,2 и 48,8 %. По массе 1000 зерен стандарт превышали сорта Субмедикум, Медикум 1059 и Энерми 1098, соответственно на 1,0; 0,4 и 0,3 г или 2,6; 1,0 и 0,8 %. Натура зерна превышала стандарт только у сорта Медикум 1061а на 2 г/л или 0,3 % и составляла 620 г/л. Вегетационный период у всех сортов был одинаковым и составлял 65-66 дней. В среднем за пять лет исследований самая высокая урожайность обеспечивалась у сорта Медикум 885 – 2,14 т/га, что существенно превышало сорт стандарт Медикум 139 на 0,24 т/га или 12,6 %. Также существенно превышали стандарт по урожайности сорта Нутанс 982 и Медикум 200, соответственно на 0,16 и 0,19 т/га или 8,4 и 10,0 %. Лучший сорт Медикум 885 был менее восприимчив к колебаниям урожайности от года к году, с коэффициентом вариации 69,4 % по сравнению с 75,4 % у стандарта.

Ключевые слова: сорта ярового ячменя, масса 1000 зерен, вегетационный период ярового ячменя, урожайность ярового ячменя.

Цитирование. Зеленев А. В., Питоня В. Н., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Селекция ярового ячменя в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 61-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-07.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе исследований, а также ознакомились с окончательным вариантом статьи и утвердили его.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. Яровой ячмень – популярная культура в Нижнем Поволжье. Зерно в основном используется как концентрированный корм для скота и сырье для крупяной промышленности. В России на эту культуру приходится примерно 20 % зернового клина или 7,4-7,8 млн га в 2020-2021 годах, что говорит о важности ярового ячменя в зерновом балансе страны. В Волгоградской области площадь посевов этой культуры в 2021 году достигала 305,7 тыс. га. Широкое распространение ячменя объясняется тем, что он менее требователен к условиям выращивания. Урожайность ярового ячменя в Волгоградской области остается низкой и составляет в среднем 1,21-1,37 т/га, что требует создания сортов, более адаптированных к местным условиям [1, 5-7, 10-12, 17, 18].

До недавнего времени в регионе выращивались сорта ярового ячменя, созданные за его пределами и недостаточно приспособленные к засушливым климатическим условиям Нижнего Поволжья. Одним из способов решения этой проблемы является селекция. Учитывая климатические факторы, потребности и спрос, высокая продуктивность, устойчивость к жаре, засухе, вредителям, патогенам, биотическим и абиотическим стрессорам, отзывчивость на интенсивный фон и качество продукции в настоящее время становятся приоритетными направлениями селекционных исследований ячменя. Резко континентальный климат Нижнего Поволжья с характерными для него периодическими засухами предъявляет повышенные требования к выращиваемым сортам [2, 3, 8, 9, 13-16, 19].

Целью исследований было выведение адаптированных к местным условиям сортов ярового ячменя с высокой и стабильной урожайностью зерна.

Материалы и методы. Селекция ярового ячменя проводилась в условиях правобережной зоны каштановых почв сухих степей Нижнего Поволжья в 2017-2021 гг. Почва экспериментального участка – среднесуглинистая, тяжелосуглинистая, типичная для данной местности. Содержание гумуса в пахотном 0-30 см слое составляет 1,8-2,4 %, валового

фосфора и азота – 0,11 и 0,06 %. Опыты закладывались по черному пару с минимальной обработкой почвы, основная обработка проводилась дисковыми орудиями на глубину 8-10 см. Из химических средств производства только фунгициды использовались для обработки семян в питомниках размножения при первичном семеноводстве.

Сорта, созданные ФНЦ агроэкологии РАН, включены в Государственный реестр селекционных достижений: Камышинский 23 (1997), обладающий высокой потенциальной продуктивностью, устойчивостью к полеганию, осыпанию и твердой головне; Медикум 139 (2008), жаро- и засухоустойчивый, раннеспелый с высокими технологическими свойствами зерна, с 2020 года является стандартом для Волгоградской области; Дмитриевский 5 (2014) превосходит Камышинский 23 по продуктивности благодаря высокой адаптивности к местным условиям; Новониколаевский (2018) превосходит стандарт по крупности зерна и кустистости. В Государственную сортовую комиссию был представлен новый сорт Медикум 200, обладающий наибольшей стабильностью по годам. Для исследовательской работы использовался местный селекционный материал, коллекция ВНИИР и образцы, полученные из других селекционных учреждений.

Методом создания исходного селекционного материала является внутривидовая ступенчатая и экологически отдаленная гибридизация с последующим индивидуальным отбором в гибридных популяциях второго и последующих поколений.

Схема процесса селекции включала:

1. Питомник исходного материала: коллекция и гибриды первого и последующих поколений, высеянные кассетной сеялкой, на однорядковых делянках 2,5 погонных метра с междурядьем 0,45 м, без повторений. Для гибридов $F_2 - F_3$ размер делянки составляет 2-5 м². Сбор урожая вручную, выдергивая растения с корнем и последующим обмолотом на колосовой молотилке.

2. Селекционный питомник первого года высевался таким же образом, с площадью делянки 1 м². Стандарт Медикум 139 располагался через 19 номеров. Уборка производилась вручную, выборочно, с последующим обмолотом на пучковой молотилке.

3. Селекционный питомник второго года высевался сплошным, порционным посевом, площадь делянки 9 м², без повторений, стандарт через 9 номеров. Норма высева составляла 2,5-3,0 млн. всхожих семян на гектар. Сбор урожая осуществлялся комбайном Сампо 130.

4. Контрольный питомник был засеян рядовым способом, с использованием порционной сеялки, с нормой высева 3,5 млн. всхожих семян на 1 га, повторность двукратная, со стандартом Медикум 139, расположенным на расстоянии через 9 номеров.

5. Предварительное сортоиспытание. Высевали аналогичным образом, площадь делянки составляла 16 м², с нормой высева 3,5 млн. всхожих семян на 1 га, в двукратной повторности, в три блока по 10 сортов со стандартом Медикум 139.

6. Конкурсное сортоиспытание. Проводится в соответствии с методикой Государственной сортовой комиссии. Площадь делянки 16 м², четырехкратная повторность, норма высева 3,5 млн. всхожих семян на гектар. Сбор урожая осуществлялся прямым комбайнированием Сампо 130.

Для всех экспериментов фенологические наблюдения и оценка устойчивости образцов к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям окружающей среды проводились в течение вегетационного периода в соответствии с методикой.

Данные по урожайности ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании обработаны методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Технологические свойства зерна – масса 1000 зерен, натура, выравненность отобранных образцов оценивались во всех питомниках.

Результаты и обсуждение. Посев ярового ячменя в селекционных питомниках по техническим причинам был произведен в очень поздние сроки 4-6 мая 2021 г. (оптимально 15-20 апреля), всходы получены 12-14 мая, колошение проходило 19-24 июня, восковая спелость 16-19 июля. За период вегетации, всходы – восковая спелость, выпало 156 мм осадков (норма 88 мм), при крайне неравномерном их распределении, в период от всходов до колошения 151,6 мм осадков, в том числе 43,9 мм ливневого характера, сумма эффективных температур 978,9 °С, ГТК составлял 1,6. За вегетационный период колошение – восковая спелость выпало 4,4 мм осадков, сумма эффективных температур составила 787,6 °С, ГТК 0,1, сухих дней с влажностью ниже 30 % в среднем за сутки было 19 дней. Неблагоприятные условия в период цветения – налива зерна и низкая плодородность почвы (мероприятия по восстановлению плодородия не проводились на данном поле в течение 30 лет) не позволили сформировать хороший урожай зерна.

В коллекционном питомнике было изучено 48 образцов новых поступлений ярового ячменя из ВИР, различных агроэкологических групп, из 13 стран. Сорта Анна и Первоцелинник из Оренбурга были самыми жаро- и засухоустойчивыми. С голозерными образцами S-266 из Мексики (К 28066) и Lawina из Германии (К 31178) была проведена гибридизация с местными образцами. В гибридном питомнике первого года F₁ было высеяно 28 популяций в сравнении с их материнской формой. Методом работы с гибридным материалом являлся пересев. Все комбинации убирались и подготавливались для посева в следующем году. Отбор линий для селекционного питомника проводился в гибридном питомнике второго поколения F₂. Было высеяно восемь популяций, из которых отобрано 500 элитных растений.

В селекционном питомнике первого года было высеяно 608 линий ярового ячменя из 44 гибридных популяций F₂ и F₃. Лучшее потомство отбиралось глазомерно по комплексу хозяйственно-полезных признаков: кустистость, озерненность колоса, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам. Сто линий были отобраны для дальнейшего изучения и размножения семян.

В селекционном питомнике второго года было изучено 95 образцов ярового ячменя. Урожайность сорта стандарта Медикум 139 составила в среднем 0,94 т/га, масса 1000 зерен была равна 49,3 г, натура 584 г/л. Тридцать линий были отобраны для дальнейшего изучения. Наиболее продуктивные из них были отобраны из гибридных популяций (Дмитриевский 5 х Виват) № 109 – 1,82 т/га, масса 1000 зерен – 51,7 г, натура – 609 г/л и № 112 соответственно: 2,89 т/га, 50,8 г, 622 г/л; линия № 116 (Волгоградский 08 х Миар) – 2,48 т/га, 46,6 г и 630 г/л; линия № 131 (Волгоградский 08 х Медикум 848) – 1,48 т/га, 43,6 г, 603 г/л.

В контрольном питомнике изучалось 25 образцов ярового ячменя, отобранных из 18 гибридных популяций, перспективных для дальнейшего сортоиспытания, которые представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показали, что наибольшую продуктивность при высоком качестве зерна показал образец ярового ячменя Медикум 1119, который превзошел по урожайности сорт стандарт Медикум 139 на 0,62 т/га или 95,4 %. Масса 1000 зерен у него составляла 51,8 г, что было выше стандарта на 2,6 г или 5,3 %. Натура зерна превзошла стандарт на 13 г/л или 2,2 % и равнялась 605 г/л, у стандарта – 592 г/л. Крупность зерна у Медикум 1119 уступала стандарту Медикум 139 на 7,0 %, вегетационный период был на уровне с ним и составлял 65 дней. Самый скороспелый номер Медикум 1052 (вегетационный период 61 день) также значительно на 0,49 т/га или 75,4 % превyšал по урожайности сорт стандарт Медикум 139. Масса 1000 зерен у этого образца

уступала стандарту на 1,7 г или 3,4 % и составляла 47,5 г. Натура зерна равнялась 598 г/л, что было выше стандарта на 6 г/л, у которого этот показатель составлял 592 г/л. Крупность зерна также уступала стандарту Медикум 139 на 11,7 % и составляла 11,8 %, что являлось недостатком данного образца. Образцы Медикум 1116 и Медикум 1106 по урожайности находились на уровне с стандартом, которая, соответственно, составляла 0,87 и 0,78 т/га. По массе 1000 зерен и натуре образец Медикум 1116 превзошел стандарт Медикум 139, соответственно на 4,7 г и 9 г/л или 9,5 и 1,5 %. Испытание и размножение семян этих образцов будет продолжено.

Таблица 1 – Хозяйственно-полезные признаки образцов ярового ячменя из контрольного питомника в 2021 году

Table 1 – Household characteristics of spring barley samples from control nursery in 2021

№ комбинации скрещивания / No cross-breeding combinations	Урожайность зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Натура, г/л / Natura, g/l	Крупность, % / Coarseness, %	Вегетационный период, дней / Growing season, days
Медикум 1052 / Medicum 1052	1,14	47,5	598	11,8	61
Медикум 1116 / Medicum 1116	0,87	53,9	601	19,5	65
Медикум 1119 / Medicum 1119	1,27	51,8	605	16,5	65
Медикум 1106 / Medicum 1106	0,78	40	572	7,5	64
Медикум 139 (St) / Medicum 139 (St)	0,65	49,2	592	23,5	65
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	0,27	-	-	-	-

В предварительном сортоиспытании высевалось 28 сортов ярового ячменя. Средняя урожайность зерна по опыту у сорта стандарта Медикум 139 составила 1,58 т/га. Существенно превысил по урожайности стандарт один новый сорт Медикум 1062а на 0,88 т/га или 55,7 %. Остальные сорта по этому показателю находились на уровне со стандартом Медикум 139 и составила у сорта Медикум 696/1139 – 1,15 т/га, Медикум 1080 – 1,42 т/га и Медикум 1094 – 1,66 т/га (табл. 2). Вегетационный период (всходы – восковая спелость) у этих сортов находится на уровне сорта стандарта Медикум 139 – 65-66 дней. Самый высокоурожайный сорт Медикум 1062а превосходил стандарт на 0,88 т/га или 55,7 %, имел самую высокую массу 1000 зерен – 49,2 г, что было выше стандарта на 2,3 г или 4,9 %. У этого сорта также была выше стандарта натура зерна на 10 г/л или 1,6 % и составляла 620 г/л.

Выравненность зерна равнялась 31,6 %, что было выше стандарта Медикум 139 на 10,7 %. На уровне со стандартом формировал урожайность сорт Медикум 1094 (Нутанс 715 х Ратник) – 1,66 т/га, который относится к сортам со средней массой 1000 зерен – 40,8 г, что ниже стандарта на 6,1 г или 14,9 % и уступает крупнозерному стандарту по технологическим свойствам в экстремальных условиях: по натуре на 9 г/л или 1,5 % и выравненности зерна на 3,9 %. Сорта Медикум 1080 и Медикум 696/1139 уступали стандарту Медикум 139 по урожайности, соответственно на 0,16 и 0,43 т/га или 10,1 и 27,2 %; массе 1000 зерен на 5,3 и 7,2 г или 12,7 и 15,3 %; выравненности зерна на 9,8 и 4,5 %. По натуре зерна стандарту уступал только сорт Медикум 1080 на 25 г/л или 4,1 %, сорт Медикум 696/1139 по этому показателю превышал стандарт на 2 г/л или 0,3 %. Испытание и улучшение этих сортообразцов будет продолжаться.

Таблица 2 – Хозяйственно-полезные признаки сортов ярового ячменя из предварительного испытания в 2021 году

Table 2 – Household characteristics of spring barley varieties from preliminary trial in 2021

Сорт / Variety	Урожайность зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Натура, г/л / Natura, g/l	Выравненность зерна, % / Grain evenness, %
Медикум 1062a / Medicum 1062a	2,46	49,2	620	31,6
Медикум 696/1139 / Medicum 696/1139	1,15	39,7	612	16,4
Медикум 1080 / Medicum 1080	1,42	41,6	585	11,1
Медикум 1094 / Medicum 1094	1,66	40,8	601	17,0
Медикум 139 (St) / Medicum 139 (St)	1,58	46,9	610	20,9
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	0,12	-	-	-

В конкурсном сортоиспытании изучалось 14 сортов ярового ячменя. Урожайность зерна сорта стандарта Медикум 139 составила 0,82 т/га, НСР₀₅ – 0,12 т/га. Результаты исследований позволили выделить наиболее жаро- и засухоустойчивые сорта (табл. 3). Наиболее продуктивные сорта Медикум 885 и Медикум 1059а, у которых урожайность, соответственно, равнялась 1,34 и 1,32 т/га, что было выше сорта стандарта Медикум 139 на 0,52 и 0,5 т/га или 63,4 и 61,0 %. По технологическим свойствам зерна эти сорта несколько уступали стандарту, соответственно: по массе 1000 зерен на 1,9 и 0,4 г или 5,0 и 1,0 %; натуре зерна на 8 и 16 г/л или 1,3 и 2,6 %; крупности зерна на 0,3 и 12,6 %. У сорта стандарта Медикум 139 масса 1000 зерен равнялась 38,0 г, натура – 618 г/л, крупность – 20,9 %. Достоверно превосходили стандарт по урожайности зерна также сорта Нутанс 982, Медикум 1054, Медикум 1061а, Медикум 1059 и Энерми 1098, соответственно на 0,13; 0,21; 0,23; 0,33 и 0,4 т/га или 15,8; 25,6; 28,0; 40,2 и 48,8 %. Сорт Субмедикум формировал урожайность на уровне со стандартом – 0,83 т/га. По массе 1000 зерен стандарт превышали сорта Субмедикум, Медикум 1059 и Энерми 1098, соответственно на 1,0; 0,4 и 0,3 г или 2,6; 1,0 и 0,8 %. Натура зерна превышала стандарт только у сорта Медикум 1061а на 2 г/л или 0,3 % и составляла 620 г/л.

Таблица 3 – Хозяйственно-полезные признаки конкурсного сортоиспытания ярового ячменя 2021 году

Table 3 – Household characteristics of a competitive variety trial for spring barley in 2021

Сорт / Variety	Урожайность зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Натура, г/л / Natura, g/l	Крупность, % / Coarseness, %	Вегетационный период, дней / Growing season, days
1	2	3	4	5	6
Медикум 139 (St) / Medicum 139 (St)	0,82	38,0	618	20,9	66
Нутанс 982 / Nutans 982	0,95	37,3	579	9,0	66
Медикум 885 / Medicum 885	1,34	36,1	610	20,6	65
Медикум 1054 / Medicum 1054	1,03	35,0	615	5,1	66

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Медикум 1061a / Medicum 1061a	1,05	34,0	620	5,9	68
Субмедикум / Submedicum	0,83	39,0	582	7,8	66
Медикум 1059 / Medicum 1059	1,15	38,4	600	11,1	65
Медикум 1059a / Medicum 1059a	1,32	37,6	602	8,3	66
Энерми 1098 / Enermi 1098	1,22	38,3	595	12,4	66
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	0,12	-	-	-	-

Вегетационный период у всех сортов был одинаковым и составлял 65-66 дней. Следует отметить, что в 2021 году корреляция между скороспелостью и урожайностью не наблюдалась, тогда как в сухие годы 2015 и 2018 существовала прямая корреляционная зависимость.

В таблице 4 приведены данные урожайности перспективных сортов ярового ячменя для представления на государственное сортоиспытание.

Таблица 4 – Урожайность зерна ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании, т/га

Table 4 – Grain yield of spring barley in a competitive variety trial, t/ha

Сорт / Variety	Годы испытания / Years of testing					Среднее / Average
	2017	2018	2019	2020	2021	
Камышинский 23 / Kamyshinsky 23	4,11	1,71	0,35	2,66	0,79	1,92
Медикум 139 (St) / Medicum 139 (St)	3,94	1,69	0,40	2,66	0,82	1,90
Медикум 885 / Medicum 885	4,12	1,82	0,55	2,91	1,34	2,14
Нутанс 982 / Nutans 982	4,19	1,79	0,50	2,86	0,95	2,06
Медикум 1059 / Medicum 1059	4,06	1,73	0,47	2,70	1,15	2,02
Медикум 200 / Medicum 200	4,36	1,79	0,41	3,11	0,80	2,09
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	0,21	0,10	0,10	0,15	0,12	0,14
ГТК / SCC	1,2	0,1	0,4	0,6	0,9	0,64

Из данных таблицы 4 видно, что самым благоприятным для произрастания ярового ячменя являлся 2017 год (ГТК=1,2 – слабо засушливый), в котором урожайность формировалась на уровне от 3,94 т/га у сорта стандарта Медикум 139 до 4,36 т/га у сорта Медикум 200. Существенно в этом году превышали стандарт по урожайности сорта Нутанс 982 и Медикум 200, соответственно на 0,25 и 0,42 т/га или 6,3 и 10,7 %. В очень засушливом 2020 году (ГТК=0,6) урожайность ярового ячменя колебалась от 2,66 т/га до 3,11 т/га. Наибольшую существенную прибавку относительно стандарта формировали сорта Нутанс 982, Медикум 885 и Медикум 200, соответственно 0,2; 0,25 и 0,45 т/га. В сухом 2018 году (ГТК=0,1) урожайность ярового ячменя формировалась на уровне 1,69-1,82 т/га, в засушливом 2021 году (ГТК=0,9) – на уровне 0,79-1,34 т/га. Наименее благоприятным для произрастания растений ячменя был 2019 год (ГТК=0,4 – очень засушливый), в котором формировалась самая низкая урожайность этой культуры от 0,35 т/га до 0,55 т/га. Существенную прибавку урожайности в этом году обеспечивали сорта Нутанс 982 и Медикум 885, соответственно 0,1 и 0,15 т/га. В среднем за пять лет исследований самая высокая урожайность обеспечивалась у сорта Медикум 885 – 2,14 т/га, что существенно превышало сорт стандарт Медикум 139 на 0,24 т/га или 12,6 %. Также существенно превышали стандарт по урожайности сорта Нутанс 982 и Медикум 200,

соответственно на 0,16 и 0,19 т/га или 8,4 и 10,0 %. Остальные сорта уступали по урожайности стандарту. Лучший сорт Медикум 885 был менее восприимчив к колебаниям урожайности от года к году, с коэффициентом вариации 69,4 % по сравнению с 75,4 % у стандарта. Эти сорта подготавливаются для передачи в ГСИ.

Выводы. Таким образом, сорта ярового ячменя, созданные традиционным методом, позволяют получать стабильно высокие урожаи зерна при различных погодных условиях. В то же время изменение климата в Нижнем Поволжье, а также внедрение новых технологий выращивания требуют новых подходов к селекции этой важнейшей для региона культуры.

Библиографический список

1. Изучение голозерных сортов ярового ячменя в условиях Северного Кавказа / Э. С. Дорошенко [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 131-139.
2. Кокина Л. П., Щеклеина Л. М., Кунилова А. В. Источники селекционно-ценных признаков и их использование в создании адаптивных к условиям Волго-Вятского региона сортов ячменя // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3 (58). С. 9-14.
3. Константинова И. Н., Владимирова Е. С. Изучение исходного материала ячменя по признакам скороспелости, высоты растений и устойчивости к полеганию в условиях Центральной Якутии // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6 (67). С. 47-51.
4. Методы и результаты селекции ярового ячменя на Кубани / Т. Е. Кузнецова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 12. С. 20-22.
5. Митрофанов Д. В., Ткачева Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 84-97.
6. Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (41). С. 43-48.
7. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя селекции СибНИИСХ в условиях Сибирского Прииртышья / Н. И. Аниськов [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (24). С. 5-9.
8. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя в селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири / Н. А. Сурин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 5. С. 41-44.
9. Оценка селекционного материала ярового ячменя по параметрам экологической пластичности / Е. В. Столпивская и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. № 2-4. С. 692-695.
10. Плещачев Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки при возделывании ярового ячменя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 88-95.
11. Полевая оценка перспективного селекционного материала ячменя и овса в Приенисейской Сибири / Н. А. Сурин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 14-16.
12. Радюкевич Т. Н., Бондарева Л. М., Карташева Л. И. Оценка новых коллекционных образцов ячменя по хозяйственно-ценным признакам в условиях Северо-Запада России // Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 76-82.
13. Радюкевич Т. Н., Бондарева Л. М., Лашина Н. М. Изучение коллекции ярового ячменя для целей селекции на северо-западе России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 16-22.
14. Селекция ярового ячменя в Самарском НИИСХ / А. А. Бишарев и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. № 2-4. С. 616-619.
15. Шевченко С. Н., Бишарев А. А. Результаты селекции ярового ячменя в Самарском НИИСХ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 4-3. С. 592-595.

16. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential / V. M. Hudzenko [et al.] // *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. No. 3. P. 425-430.

17. Barley: a translational model for adaptation to climate change / I. K. Dawson, J. Russell, W. Powell [et al.] // *New Phytol.* 2015. Vol. 206. P. 913-931.

18. Ethiopian barley landraces show higher yield stability and comparable yield to improved varieties in multi-environment field trials / W. G. Abtew [et al.] // *J. Plant Breed. Crop Sci.* 2015. No. 8. P. 275-291.

19. Tokhetova L. A., Akhmedova G. B., Akzhunis R. A. The use of multivariate factor analysis in the selection of spring barley for adaptability to various environmental conditions // *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. 2020. No. 4 (107). P. 70-80.

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Волгоградский ГАУ) (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> Zelenev.A@bk.ru

Питоня Владимир Николаевич, старший агроном селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), тел. 8-929-788-49-06, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5827-5638>

Сухарева Елена Петровна, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-902-380-96-87, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650> suhareva-e@vfanc.ru

Беликина Анна Васильевна, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), тел. 8-904-406-64-58, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6576-3226>, belikina-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-08

METHOD OF DIAGNOSTICS OF DISEASES OF APPLE CROPS USING THE EXPERT SYSTEM

O. V. Kochetkova¹, I.Y. Podkovuyrov^{1,2}, V-M .D. Anikeeva¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow*

Received 17.12.2021

Submitted 25.05.2022

Summary

The article contains methodological developments of a digital expert system for diagnosing apple tree diseases. The author substantiates the tools for developing an expert system using the hierarchy analysis method, which allowed, based on the specified criteria, to choose the most suitable Expert 2.0 shell. The work of the expert system consists in selecting the necessary rules in the knowledge base on apple diseases and comparing them with the facts.

Abstract

Introduction. When making prompt decisions to protect apple orchards from diseases, a quick analysis of the causes of pathological changes in various organs of trees is relevant. The developed original method of diagnosing diseases using a digital expert system (ES) allows you to identify the cause of the pathogenic process in trees without having special knowledge. Through objective questions and

answers, the shortest way of determination is built, accessible to both professional agronomists and amateur gardeners. **Objects.** The object of research is system that provides the possibility of diagnosing infectious and non-infectious diseases of apple trees based on a visual examination of the affected organs. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the Department of Information Systems and Technologies and at the Center of Phytopathology of the introducers of the All-Russian Research Institute of Phytopathology in 2014-2020. Field material on infectious and non-communicable diseases of apple trees was collected in the fruit farms of Limited Liability Company «Sady Pridonia», Limited Liability Company «Zavetny sad», Peasant farm «Sayutin N.I.» of the Volgograd region in 2015-2020. Diagnostics of pathogenic organisms was carried out according to generally accepted methods in the laboratory of the Center for Collective Use «State Collection of Pathogenic Organisms and Plant identifiers» of the All-Russian Research Institute of Phytopathology. **Results and conclusions.** As a result of the study of diseases of apple crops, a classification was compiled, including symptoms of their manifestation on leaves, branches and trunk, fruits and roots. The tools for developing an expert system using the hierarchy analysis method were substantiated, which allowed, based on the specified criteria, to choose the most suitable shell Expert 2.0. The work of this shell is to select the necessary rules in the knowledge base on apple diseases and compare them with the facts. The analysis of knowledge in the database of symptoms of diseases is carried out on the basis of special questions, in accordance with the original logical inference scheme developed. As a result of testing, it was found that the available 44 signs of apple tree diseases are correctly used by the rules of the expert system, and the logical search scheme is correct and effective, since it takes at least one step and a maximum of twelve to make a diagnosis.

Key words: diseases of apple crops, method of diagnostics of diseases, expert system, production rules.

Citation. Kochetkova O. V., Podkovuyrov I.Y., Anikeeva V-M .D. Method of diagnostics of diseases of apple crops using the expert system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 71-82 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-08.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 004.822:632.2

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЕВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПОМОЩИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

О. В. Кочеткова¹, доктор технических наук, профессор
И. Ю. Подковыров^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
В.-М. Д. Аникеева¹, студент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, г. Москва

Дата поступления в редакцию 24.06.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

Актуальность. При оперативном принятии решений по защите яблони от болезней актуален быстрый анализ причин патологических изменений. Разработанная оригинальная методика диагностики болезней при помощи экспертной системы (ЭС) позволяет выявить причину патогенного процесса у деревьев без специальных познаний. Через объективные вопросы и ответы выстраивается короткий путь определения, доступный как профессиональным агрономам, так и садоводам-любителям. **Объект.** Объектом исследований является система, обеспечивающая возможность диагностики инфекционных и неинфекционных болезней деревьев на основе визуального обследования поражённых органов. **Материалы и методы.** Исследования выполнены на базе кафедры информационных систем и технологий и в ФГБНУ ВНИИФ в 2014-2020 годах. Полевой материал по болезням яблони собран в плодовых хозяйствах ООО «Сады Придонья», ООО «Заветный сад»,

К(Ф)Х «Саютин Н. И.» Волгоградской области. Диагностика патогенных организмов проведена по общепринятым методикам в лаборатории Центра коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений идентификаторов» Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии. **Результаты и выводы.** В результате была составлена классификация, включающая симптомы проявления болезней на листьях, ветвях и стволе, плодах и корнях. Обоснован инструментарий для разработки экспертной системы с помощью метода анализа иерархий, что позволило исходя из заданных критериев выбрать наиболее подходящую оболочку Expert 2.0. Работа экспертной системы заключается в подборе нужных правил в базе знаний о болезнях яблони и сопоставлении их с фактами. Анализ знаний в базе симптомов болезней проводится на основании специальных вопросов, в соответствии с оригинальной схемой логического вывода. В результате тестирования установлено, что имеющиеся 44 признака болезней яблони корректно используются правилами экспертной системы, а логическая схема поиска является правильной и эффективной, поскольку для постановки диагноза нужно проделать минимум один шаг и максимум двенадцать.

Ключевые слова: болезни яблоневых культур, методика диагностики болезней яблони, экспертные системы, производственные правила.

Цитирование. Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю., Аникеева В.-М. Д. Экспертная система для диагностики заболеваний яблоневых культур. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 71-82. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-08.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сельскохозяйственное производство связано с рядом сложных и трудоёмких процессов, требующих от агрономов высокой квалификации в решении повседневных задач. Применение цифровизации для экспертной оценки состояния плодовых деревьев, принятия верных решений в обеспечении их жизнедеятельности является актуальной задачей [3]. Однако данное направление исследований для садоводства является новым. Методическое обеспечение разработки как локальных, так и унифицированных экспертных систем является приоритетной задачей [1, 2, 12].

Яблоневые культуры занимают лидирующее место в структуре плодового сектора отрасли России. Климатические условия позволяют производить в России более 1,2 млн тонн яблок в год. По данным единой межведомственной информационной статистики, площадь плодово-ягодных насаждений России в настоящее время составляет 502,2 тыс. га, и ведущее место в таких насаждениях принадлежит яблоне. Данная отрасль обладает значительным потенциалом как в области наращивания площадей насаждений, так и с точки зрения импортозамещения.

При производстве яблок до 30 % урожая теряется вследствие поражения деревьев болезнями [5]. Применение мероприятий по защите садов требует быстрой и достоверной диагностики видов болезней [13]. Используемый на предприятиях инструментарий для этих целей включает использование справочников-определителей и лабораторную диагностику. Однако эти методы достаточно сложны и требуют значительного времени для выявления причин проявления патологических состояний яблоневых культур. На основании выявленного противоречия была выдвинута гипотеза о необходимости создания методики для разработки экспертной системы, которая позволит быстро диагностировать болезни деревьев [6, 7].

Диагностика болезней при помощи экспертной системы целесообразна, поскольку в области защиты растений существуют опытные специалисты, которые сходятся в оценке предлагаемого решения, а их знания легко внести в экспертную систему.

Решаемая в исследовании задача является практически значимой, имеет эвристическую природу и является достаточно сложной, что оправдывает затраты на разработку методики [14]. Кроме того, в методике не используется абстрактное мышление. Определение болезни происходит с помощью символических рассуждений. Таким образом, выдвинутая гипотеза является осуществимой [15].

Целью исследования является разработка простой и доступной экспертной системы для диагностики болезней растений, основанной на эвристическом анализе, вербально-символьной базе знаний и правилах логики.

Материалы и методы. Фактические исследования по сбору и классификации диагностических признаков болезней яблони проведены в 2015-2020 годах на предприятиях Волгоградской области ООО «Сады Придонья», ООО «Заветный сад», К(Ф)Х «Саютин Н. И.». В исследовании использованы как отечественные (Ренет курский золотой, Беркутовское, Синап северный, Спартан, Мартовское), так и зарубежные (Лигол, Хоней крисп, Голден делишес, Ред делишес и др.) сорта. Диагностика патогенных организмов проведена по общепринятым методикам в лаборатории Центра коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений идентификаторов» Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии. В исследовании использовались следующие методы: анализ отечественных и зарубежных работ в области болезней яблоневых культур, методы структурного и объектно-ориентированного анализа, планирования, алгоритмизации, теории систем и системного анализа [8]. Для выбора инструментария при создании экспертной системы применялся метод анализа иерархий [9, 10].

Результаты и обсуждение. На первом этапе выполнения исследований был собран фактический материал по инфекционным и неинфекционным болезням яблони. Каждому патологическому состоянию деревьев составлено вербальное описание, совокупность которых легла в основу формирования базы знаний. По каждому выявленному патологическому состоянию деревьев проведена проверка причин болезни и диагностика возбудителя лабораторным методом в Центре коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений-идентификаторов». В результате диагностические признаки болезней были сопоставлены с причинами, их вызывающими (виды возбудителей, физиологические нарушения). Это обеспечило достоверность формируемой базы знаний, содержащей сведения о типе болезни, этиологии, названии, диагностических признаках, периоде проявления, форме проявления и причинах.

На втором этапе исследований разработаны оригинальные принципы классификации болезней на основе собранных ранее данных. По симптомам болезни были разделены на четыре группы: симптомы, наблюдаемые на листьях, на ветвях и стволе, на плодах и на корнях. Симптомы, наблюдаемые на листьях, разделили на четыре группы: пятнистость, деформация, изменение окраски и размеров. Симптомы на плодах разделили на пятнистость, деформацию и остальные. В результате изучения болезней яблони была составлена классификация, включающая симптомы их проявления на листьях (17 болезней), на ветвях и стволе (11), на плодах (13) и корнях (3).

Установлено, что создание запросов к экспертной системе в соответствии с разработанной классификацией не является рациональным, поскольку предполагает большую длительность диагностики. Линейная классификация подразумевает рассмотрение экспертной системой всех симптомов поочередно до тех пор, пока не будет поставлен диагноз [4], то есть системе можно задать до 57 вопросов для постановки диагноза. Данный подход нерационален, поскольку предполагает большую длительность диагностики. В решении задачи постановки диагноза была разработана более рациональная модель, учитывающая потребности пользователей.

На третьем этапе исследований с учётом потребностей агрономов и специалистов были сформированы функциональные требования к экспертной системе:

- система должна обеспечивать высокий уровень решения задачи в области диагностики болезней растений;
- задаваемые пользователю вопросы, рекомендации, логика работы и принятия решений должны моделировать поведение грамотного специалиста по защите растений;
- система должна обеспечивать возможность модификации при обновлении информации;
- возможность консультации по симптомам в определенном порядке;
- экспертная система должна иметь возможность быстрого диагностирования болезней;
- экспертная система должна иметь возможность диагностирования всех выявленных в садах региона 28 болезней.

Для оптимизации и повышения эффективности работы экспертной системы разработана структура из пяти основных компонентов:

- диалоговый компонент – интерфейс для взаимодействия пользователя с системой;
- рабочая память для хранения всех данных о предметной области и правил, используемых системой;
- решатель для применения информации и базы знаний для создания правил, которые синтезируют решение поставленной задачи;
- компонент объяснений дает изъяснение результату, а также показывает пользователю пошаговое действие;
- базы знаний — совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области деятельности.

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования разрабатываемой ЭС для представления ожидаемого поведения системы. Имеются такие актеры, как эксперт, пользователь и администратор, а также прецеденты: управление экземплярами, управление фреймами, управление слотами, синтез решения и управление экспертной системой.

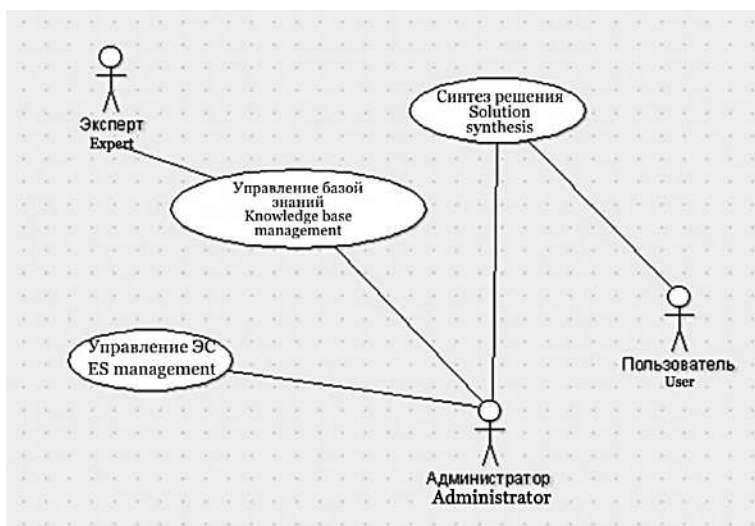


Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования

Figure 1 – Use case diagram

С целью повышения эффективности системы были приняты следующие структурно-логистические взаимосвязи актеров и прецедентов, изображенных на диаграмме. Эксперт заполняет, проверяет, редактирует базу знаний экспертной системы. Админи-

стратор управляет экспертной системой, базой знаний с технической стороны и синтезом решения, а также осуществляет добавление, удаление, редактирование продукционных правил. Пользователь системы производит синтез решения (постановку диагноза болезни), трассировку диалога.

Алгоритм построения экспертной системы адаптирован к решению поставленной задачи и включает следующую логическую цепочку: идентификация, концептуализация, формализация, разработка экспертной системы, опытная эксплуатация, тестирование. На стадии идентификации обоснована цель, поставлены задачи, подлежащие решению, определены эксперты и типы пользователей. На стадии концептуализации выполнен содержательный анализ в области диагностики болезней яблони, определены используемые понятия и их взаимосвязи, выбраны методы решения задач. На стадии формализации определена структура ЭС и базы знаний, классифицированы основные понятия, создана рабочая модель системы. На стадии выполнения базы знаний наполнена информацией созданной экспертом. Этот процесс включал извлечение знаний из эксперта, организацию знаний для их эффективного анализа и работы системы и представление знаний в цифровом виде. Последовательность этих стадий представлена на рисунке 2.

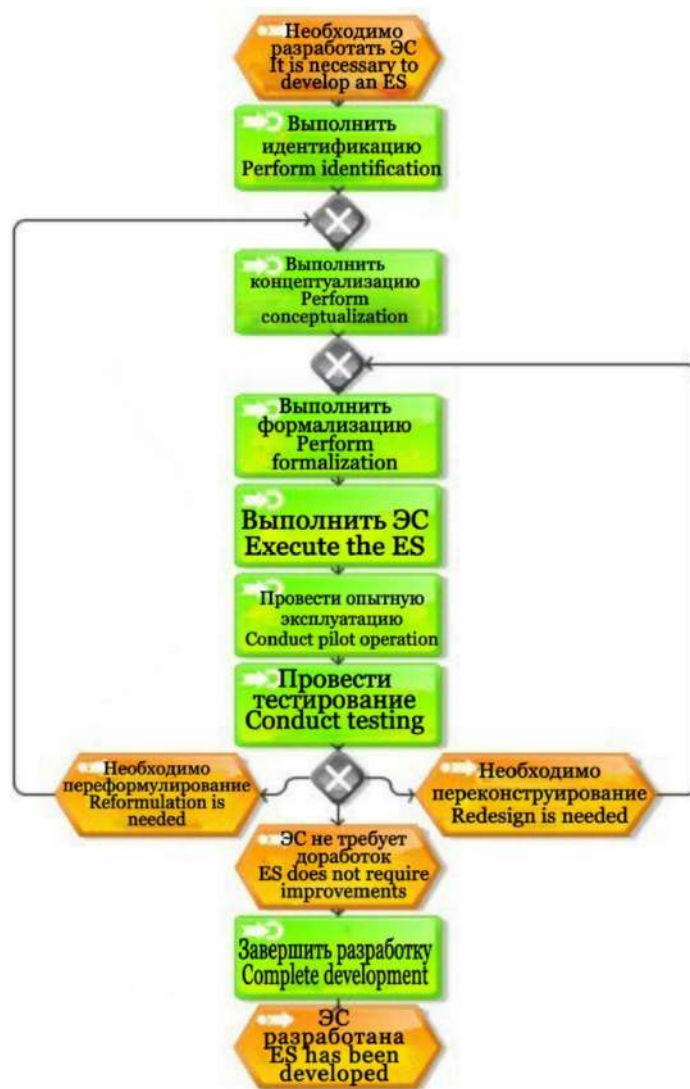


Рисунок 2 – eEPC диаграмма стадий разработки экспертной системы

Figure 2 – eEPC diagram of expert system development stages

На этапе идентификации определена цель разработки – снижение количества неверных диагнозов, сокращение времени выявления болезней. Определены эксперты и типы пользователей (фермеры, начинающие агрономы, студенты, обучающиеся по направлению «Агрономия», садоводы-любители).

На четвёртом этапе разработан эффективный способ диагностики болезни. Полевыми наблюдениями в плодовых садах установлено, что наибольшей распространённостью (более 60 %) отличается мучнистая роса, поэтому диагностику в экспертной системе было принято начать с этой болезни. На втором месте по распространённости на деревьях оказалась пятнистость листьев. Далее алгоритм диагностики предполагает задать все вопросы, касающиеся пятнистости листьев и определить такие заболевания, как вирусная мозаика, бактериальная пятнистость, парша, антракноз и ржавчина яблони.

Следующая группа вопросов будет определять наличие деформации листьев, плодов и коры. После чего необходимо определить, произошла ли деформация именно листьев, что позволит нам диагностировать такие заболевания, как недостаток бора, недостаток кальция, повреждения тлей и недостаток цинка. Если же деформация листьев не произошла, необходимо задать вопросы, касающиеся деформации коры или плодов, что позволит нам диагностировать такие заболевания, как нарушение водного баланса, воздействие температур, нектриевый некроз, цитоспороз, песталоциоз, монилиоз, черный рак и поражение базидиальными грибами.

Далее зададим вопросы, касающиеся изменения цвета листьев, что позволит диагностировать непаразитарные болезни: недостаток азота, недостаток калия, недостаток железа и недостаток фосфора. Следующая группа вопросов касается симптомов, наблюдающихся на плодах. Это такие заболевания, как плодовая гниль и монилиоз. И самым последним зададим вопрос о симптомах, наблюдающихся на корнях.

Таким образом, система не задаёт ряд ненужных вопросов. Сначала проводится диагностика по самым явным симптомам (на листьях и коре) и уже только потом по неявным (на корнях и плодах). Следовательно, диагностика упрощается, а время поиска диагноза сокращается.

Схема логического вывода представлена на рисунке 3.

При помощи метода анализа иерархий симптомов и диагнозов выбран цифровой инструментарий для разработки экспертной системы, что позволило выбрать наиболее подходящую оболочку исходя из заданных критериев (Expert 2.0). В ней знания по диагностике болезней яблони формализованы и систематизированы совокупностью продукционных правил. Работа данной оболочки заключается в подборе нужных правил в заготовленной базе знаний и сопоставлении их с фактами.

Знания в данной системе представлены в виде правил, построенных на использовании выражений вида: ЕСЛИ условие ТО заключение. Так же база знаний содержит факты (в нашем случае наличие симптомов болезней яблони на различных органах). Факты отражают информацию о текущем состоянии дерева (растения) и создаются в ходе консультации, в результате работы пользователя с машиной вывода. Оболочка Expert 2.0 придерживается принципа открытости, что в процессе использования позволяет совершенствовать и корректировать базу знаний.

База знаний представляет собой текстовый файл, содержащий правила, факты и комментарии.

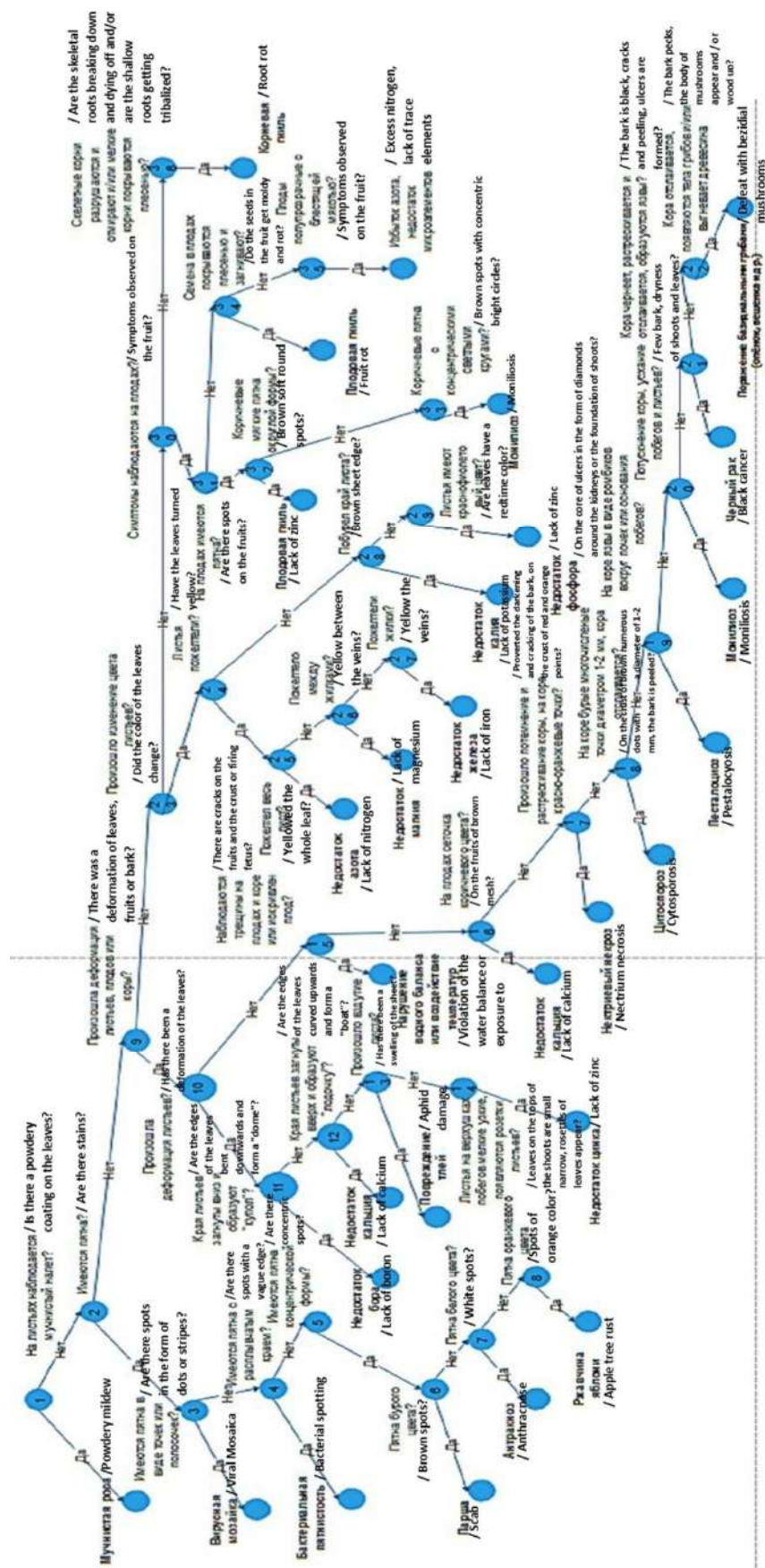


Рисунок 3 – Схема логического вывода

Figure 3 – Logical output diagram

Продукционная модель имеет вид [11]:

правило(n)

объект1 = значение1

объект2 = значение2

...

то

закключение = значение, кд=к3,

где правило, то и кд – ключевые слова языка представления знаний, n – это идентификатор правила, объект – это объект предметной области, значение – это значение объекта предметной области, кд – это коэффициент достоверности – целое число в диапазоне от 0 до 100.

Также есть выражения вида [11]:

разрешен (объект=разрешенные_значения)

вопрос (объект=вопрос),

где разрешен – задает возможные значения для объекта; вопрос – это вопрос выводимый системой, для того чтобы пользователь ответил на него в ходе консультации, путем выбора значения из списка разрешенных значений.

В базу знаний были внесены вопросы в соответствии с построенной нами модели анализа информации и схемой логического вывода:

Каждому вопросу присвоен порядковый номер от 1 до 36, который является объектом, имеющим разрешенное значение «да» и «нет». На рисунке 4 представлен пример того, как выглядит консультация с пользователем.

Значение объекта
Object value
Объект: 1
Object: 1
На листьях наблюдается мучнистый налёт?
Is there a powdery coating on the leaves?
Да/ Yes
Нет/ No
коэффициент достоверности
confidence factor
100
OK

Рисунок 5 – Консультация с пользователем

Figure 5 – User consultation

На рисунке 6 представлен пример работы системы. В ходе консультации был поставлен диагноз бактериальная пятнистость. Факты свидетельствуют о том, что результат достигнут (диагноз поставлен) за шесть шагов.

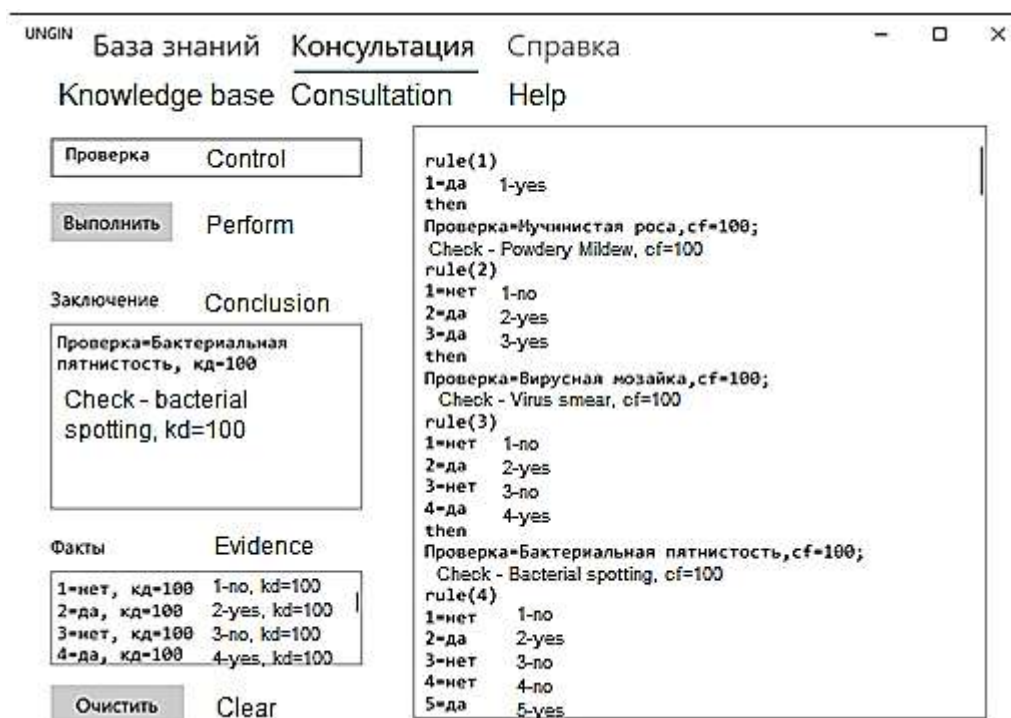


Рисунок 6 – Результат консультации

Figure 6 – The result of the consultation

Созданная экспертная система была протестирована методом контрольных примеров с целью выявления полноты и правильности реализованных функций. В тестировании участвовали сотрудники, магистранты и студенты агротехнологического факультета.

В ходе тестирования проверялись: ввод новых логических правил; возможность постановки верного диагноза; возможность быстрой диагностики; возможность консультации по симптомам в определенном порядке. Кроме того, тестировалась корректность применения правил логического вывода за счет поиска конфликтных правил, возбуждающихся в сходных ситуациях, но приводящих к различным результатам; поиска избыточных правил, возбуждающихся в сходных ситуациях и приводящих к сходным результатам; поиска пропущенных правил, приводящих к результату; поиска атрибутов без ссылок, то есть атрибутов, на которые не существует ссылок ни в одном правиле; поиска атрибутов с некорректным значением. В результате тестирования установлено, что имеющиеся 44 признака болезней корректно используются правилами экспертной системы, а логическая схема поиска является правильной и эффективной, поскольку для постановки диагноза нужно проделать минимум один шаг и максимум двенадцать.

Выводы. Создана методика и выполнена разработка экспертной системы, которая обеспечила высокий уровень решения задачи в области диагностики болезней яблоневых культур (Экспертная система по диагностике заболеваний яблоневых культур: пат. RU 2021662470 Российская Федерация / Кочеткова О. В., Анисеева В.-М. Д., Подковыров И. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. - № 2021661574; заявл. 21.07.2021; опубл. 29.07.2021, Бюл. № 8). Преимуществом использования экспертной системы является возможность исключить использование справочников-определителей, требующих специальных познаний в области биологии и ботаники и применение сложных методик определения, что часто приводит к ложным результатам, и, как следствие, ошибкам в выборе способов лечения.

Вопросы, логика работы и принятия решений моделируют поведение грамотного специалиста по болезням деревьев яблони. Система обеспечивает возможность модификации при обновлении информации. Консультация по симптомам происходит в строго определенном порядке. Экспертная система дает возможность диагностирования 28 различных патологических состояний деревьев яблони инфекционной и физиологической природы.

Процесс диагностики болезней значительно сокращается при использовании экспертной системы. Остаются только этапы выявления симптомов и постановки диагноза. Полностью отпадает необходимость долгого ожидания результатов от специалиста. При помощи данной методики возможно разработать аналогичные экспертные системы для диагностики болезней других культурных растений. Внедрение данной экспертной системы в цифровую среду управления процессом производства яблок принесет значительный экономический эффект, так как в ряде случаев нет необходимости выполнения дорогостоящих и длительных по времени лабораторных методов диагностики. Быстрое принятие решений на основе экспертной системы позволит сократить потери урожая в результате поражения болезнями деревьев яблони.

Библиографический список

1. Аладина Е. В., Аладин Д. В. О возможности создания логической интеллектуальной системы обеспечения ухода за растениями на основе миварных экспертных систем // Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий. Сборник трудов научного симпозиума технологов-машиностроителей. 2020. С. 230-237.
2. Барышев, М.В. Модели представления знаний экспертных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-predstavleniya-znaniy-ekspertnyh-sistem>.
3. Кравченкова И. С., Хабаров С. П., Кривицкий С. В. Разработка экспертной системы определителя древесных и кустарниковых пород по листьям // Цифровые технологии в лесном секторе: материалы Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020. С. 83-86.
4. Насырымбекова П. К. Продукционно-фреймовое представление знаний в экспертных системах // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2021. № 2 (58). С. 106-114.
5. Подковыров И. Ю., Костин М. В., Долгова А. И. Влияние цеолитов на интенсивность жизненных процессов гибридных форм растений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 31-36.
6. Санин С. С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 3-6.
7. Соколов М. С. Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // Агрохимия. 2017. № 4. С. 3-9.
8. Стефанюк В. Л. Локальная организация интеллектуальных систем. М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2016. 328 с.
9. Baimukhamedov M. F., Yeslyamov S. G. Methodology of designing expert training systems // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 7-1 (63). С. 8-13.
10. Chuhrova N., Johannessen A. Fuzzy Hypothesis Testing: A Systematic Review and Bibliography Fuzzy Hypothesis Testing // A Systematic Review and Bibliography Applied Soft Computing. 2021. V. 106. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107331>.
11. Expert 2.0 // Microsoft. <https://www.microsoft.com/ru-ru/p/ungin/9phpdllrdx4p?activetab=pivot:overviewtab>.
12. Ivkin A. N., Burlakov M. E. Realization of expert intrusion detection system based on the results of datasets and machine learning algorithm analysis // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. № 2 (50). С. 100-107.

13. Podkovyrov I. Y., Kimsanbaev O. H., Zhemchuzhina N. S. The emergence and development of mycoses in short-day plants under conditions of long daylight hours // E3SWebofConferences. 2020. V. 203. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/63/e3sconf_ebwff2020_02009.pdf

14. Ritter N., Straub J. Implementation of Hardware-Based Expert Systems and Comparison of Their Performance to Software-Based Expert Systems Machines. 2021. V. 9 (12). P. 361. <https://doi.org/10.3390/machines9120361>.

15. Rizzo L., Longo L. An empirical evaluation of the inferential capacity of defeasible argumentation, non-monotonic fuzzy reasoning and expert systems // Expert Systems with Applications. 2020. V. 147. 113220. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113220>.

Информация об авторах:

Кочеткова Ольга Владимировна, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-189> E-mail: ovk555@bk.ru.

Подковыров Игорь Юрьевич, руководитель центра прикладной генетики и селекции хлопчатника Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0505-4094> E-mail: cottonvolgau@list.ru

Аникеева Василиса-Мария Дмитриевна, студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26). E-mail: AnikeevaVMD@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-09

AGROFORESTMELIORATION OF FAR EASTERN HECTARE

V.M. Kretinin

«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd, Russia

Received 19.06.2022

Submitted 31.08.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences No 122020100312-0 "Theory and principles of the formation of adaptive agroforest reclamation complexes in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change"

Summary

The article presents the results of the study of agroforestry practices implemented in the Far East. The expediency of implementing the state program "Far Eastern Hectare" on the virgin lands of the Far Eastern Federal District is analyzed, taking into account the specifics of the ecological potential and soil and climatic features of the regions involved in this program. Recommendations are given on the choice of strategy and tactics of land use on undeveloped lands. Given the vastness of the territories covered with forests, a list of humane economic use of forest resources is given.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the study of the issue of agroforestry amelioration in the Far East, within the framework of the state program for granting Russian Federation citizens land plots located in the Far Eastern Federal District, which has been implemented since May 1, 2016. The relevance of this work lies in the insufficient study of the aspects of agroforestry in the application of Federal Law No. 119-FL in practice, which subsequently became one of the reasons for program participants to remove plots from cadastral records and refuse the contract. **Object.** The object of the study is the Far Eastern Federal District,

which includes Khabarovsk Territory, Primorsky Territory, Sakhalin Region, Kamchatka Territory, Magadan Region, Jewish Autonomous Region, Amur Region, Republic of Sakha (Yakutia), Chukotka Region, and the regions of the Siberian Federal District - Republic of Buryatia and Trans-Baikal Territory, added to the «Far Eastern hectare» program in August 2019. **Materials and methods.** In order to make the most accurate assessment of land plots and forest fund and to draw up a list of measures of recommendatory nature, an extensive and quite voluminous analysis of literary sources was carried out, the statistical data provided by the Federal State Statistics Service was studied, the analysis of laws adopted to implement measures to use undeveloped and reclamation of land and forest resources previously used in the Far East was performed. **Results and conclusion.** The analysis and comparison of publicly available data of the Federal State Statistics Service, normative-legal documentation, National atlas of soils of the Russian Federation and other cartographic and research data revealed a set of problems on the territories of the Russian Federation subjects that are part of the Far Eastern Federal District and participate in the state program "Far Eastern hectare". The paper lists and analyzes the key problems of agroforestry, which potential users of natural resources may encounter in the process of program implementation and outlines the ways to solve them. In particular, the optimal sizes for the parties to the plot are specified, types of management with regard to specific climatic and landscape conditions are listed, and options for the use of orchards with regard to their ameliorative and functional capabilities are proposed.

Key words: *agricultural forest melioration, agroforestry, Far Eastern hectare, land use, farmland, forest resources, natural conditions of the area.*

Citation. Kretinin V.M. Agroforestmelioration of Far Eastern hectare. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 82-90 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-09.

Author's contribution. Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. The author of this article is familiar with the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 630*915

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ГЕКТАРА

В. М. Кретинин, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 19.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

**Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН
№ 122020100312-0 «Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоратив-
ных комплексов сухостепной зоны юга РФ в контексте климатических изменений».**

Актуальность. Статья посвящена изучению вопроса агролесомелиорации на территории Дальнего Востока в рамках реализуемой с 1 мая 2016 года государственной программы по предоставлению гражданам Российской Федерации земельных участков, расположенных на территории Дальневосточного Федерального округа. Актуальность данной работы заключается в недостаточной изученности аспектов агролесомелиорации при применении закона № 119-ФЗ на практике, что стало впоследствии для участников программы одной из причин для снятия участков с кадастрового учета и отказа от договора. **Объект.** Объектом исследования является Дальневосточный Федеральный округ, включающий в себя Хабаровский край, Приморский край, Сахалинскую область, Камчатский край, Магаданскую область, Еврейскую АО, Амурскую область, Республику Саха (Якутия), Чукотский АО, а также добавленные к программе «Дальневосточный гектар» в августе 2019 года регионы Сибирского Федерального округа – Республика Бурятия и Забайкальский край. **Материалы и методы.** Для наиболее точной оценки земельных участков и лесного фонда и составления перечня мер рекомендательного характера был выполнен обширный и достаточно объемный анализ литературных источников, изучены статистические данные, представленные Феде-

ральной службой государственной статистики, выполнен анализ законов, принятых для реализации мер по использованию неосвоенных и мелиорации задействованных ранее земельных и лесных ресурсов Дальнего Востока. **Результаты и выводы.** При анализе и сопоставлении имеющихся в открытом доступе данных Федеральной службы государственной статистики, нормативно-правовой документации, национального атласа почв Российской Федерации и иных картографических и научно-исследовательских данных выявлен комплекс проблем на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного Федерального округа и участвующих в государственной программе «Дальневосточный гектар». В работе перечислены и проанализированы ключевые проблемы агролесомелиорации, с которыми могут столкнуться потенциальные природопользователи в процессе реализации программы, и намечены пути их решения. В частности, указаны оптимальные размеры для сторон участка, перечислены виды хозяйствования с учетом специфики климатических и ландшафтных условий, предложены варианты использования садов с учетом их мелиоративных и функциональных возможностей.

Ключевые слова: агролесомелиорация, агролесоводство, дальневосточный гектар, землепользование, сельскохозяйственные угодья, лесной фонд, природные условия местности.

Цитирование. Кретинин В. М. Агролесомелиорация дальневосточного гектара. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 82-90. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-09.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомлен с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агролесомелиорация и агролесоводство – две родственные науки и производственные системы – являются доступными, действенными и экологически чистыми средствами мелиорации почв [7], природной среды, пионерной организации хозяйства, повышения продуктивности земли на Дальнем Востоке. Показаны резервы агролесоводства и агролесомелиорации на лесонепокрытой территории государственного лесного фонда Дальнего Востока, обустройства гектара надела [6].

Агролесомелиорация – наука и производственная система лесокультурных и лесоводственных мероприятий, направленных на улучшение земель, условий ведения сельского хозяйства с помощью лесонасаждений различного функционального назначения в агросфере (Иванов, Кулик, 2006). Агролесоводство – наука и производственная система, основанная на совместном или переменном землепользовании угодий: лесных, пахотных, пастбищных, садовых, огородных и др., обеспечивающих экономическую выгоду и экологическое обустройство местности (Агролесомелиорация, 2016). Первая преобладает на степных почвах, вторая – на лесных.

На протяжении существования агролесомелиорации как научно-практической отрасли ей не уделялось должного внимания на обширной территории Дальневосточного Федерального округа. В то же время очевидно, что создание защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного использования является значительным мелиоративным средством, направленным на наращивание мощностей сельскохозяйственного сектора страны.

Правительством Российской Федерации взят курс на развитие Дальнего Востока, включающий не просто увеличение численности населения в данном регионе, но и увеличение числа занятых в аграрном секторе и подъеме экономики страны за счёт освоения и перспективы развития новых территорий страны. Федеральный закон № 119-ФЗ «Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного Феде-

рального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», принятый 22 апреля 2016 года направлен и должен способствовать освоению земель Дальнего Востока. Принятый закон позволит использовать более 187 млн га Дальневосточных земель.

Цель исследования состояла в обосновании необходимости комплексного учета особенности региона и внедрении технологии агролесомелиорации (климат, почва, рельеф и др.) при реализации государственной программы «Дальневосточный гектар», имеющей приоритетной задачей приток населения и освоения им целинных земель.

Материалы и методы. Статья выполнена на основе всестороннего анализа материалов многолетних научно-исследовательских работ, действующих нормативно-правовых документов, картографических данных, статистической документации Государственной службы статистики.

Дальневосточный Федеральный округ занимает более 40 % территории Российской Федерации и включает 11 субъектов. Климат на территории округа крайне разнообразен и отличается исключительной континентальностью на северо-западе Амурской области и на значительной территории Республики Саха (Якутия), где он изменяется от арктического до субарктического. В Хабаровском, Приморском крае, а также в Сахалинской области и Еврейской АО климат морской и имеет муссонный характер, что вызвано близостью Японского моря [15].

Площади пригодных для сельскохозяйственного использования земель на Дальнем Востоке огромны (Захаров, Кретинин, 2005). Только в государственном лесном фонде на общей площади 187 442 тыс. га лесонепокрытая площадь равна 28 642 тыс. га (таблица 1). Это крутосклоны, редколесье, гари и др., которые могут быть использованы в богарном земледелии, пастбищном скотоводстве, садоводстве, агролесоводстве и др.

Таблица 1 – Земельные угодья агролесомелиорации и агролесоводства на территории «Дальневосточного гектара», тыс. га (по данным Федерального агентства лесного хозяйства, 2022)

Table 1 – Land of agroforestry and agroforestry on the territory of the Far Eastern hectare, thousand hectares (according to the Federal Forestry Agency, 2022)

№	Субъект Дальнего Востока / Subject of the Far East	в том числе / including but not limited to			Лесистость территории, % / Forest cover, %
		Гослесфонд / State Forest Fund	покрытые лесом / forested areas	непокрытые лесом / unforested areas	
Дальневосточный Федеральный округ / Far Eastern Federal District					
1	Хабаровский край / Khabarovsk region	75546	52533	23013	66,7
2	Приморский край / Primorsk region	13380	12832	548	77,9
3	Сахалинская область / Sakhalin region	7356	5896	1460	67,7
4	Камчатский край / Kamchatka region	46080	19835	26245	42,7
5	Магаданская область / Magadan region	45600	17281	28319	37,4
6	Еврейская АО / Jewish autonomous region	2257	1649	608	45,4
7	Амурская область / Amur region	31470	23522	7948	65,0
8	Республика Саха (Якутия) / Republic of Sakha (Yakutia)	256096	157892	98204	51,2
9	Чукотский АО / Chukotka autonomous region	27738	4910	22828	6,8
10	Республика Бурятия / Republic of Buryatia	29632	22301	7331	63,5
11	Забайкальский край / Zabaykalsky region	34090	29475	4615	68,3
Итого: / Total:		569245	348126	221119	-

Результаты и обсуждение. Государственная программа «Дальневосточный гектар» была запущена в 2016 году и регламентируется законом № 119-ФЗ. Для получения земельного участка в аренду или собственность по программе «Дальневосточный гектар» гражданам необходимо поэтапно пройти процедуру по формированию и подаче заявления в уполномоченный орган, где после рассмотрения заявки будет заключен договор о безвозмездном использовании участка в течение пять лет (рисунок 1). По прошествии пятилетнего срока при условии освоения земельного участка граждане имеют право оформить участок в собственность или заключить договор аренды.

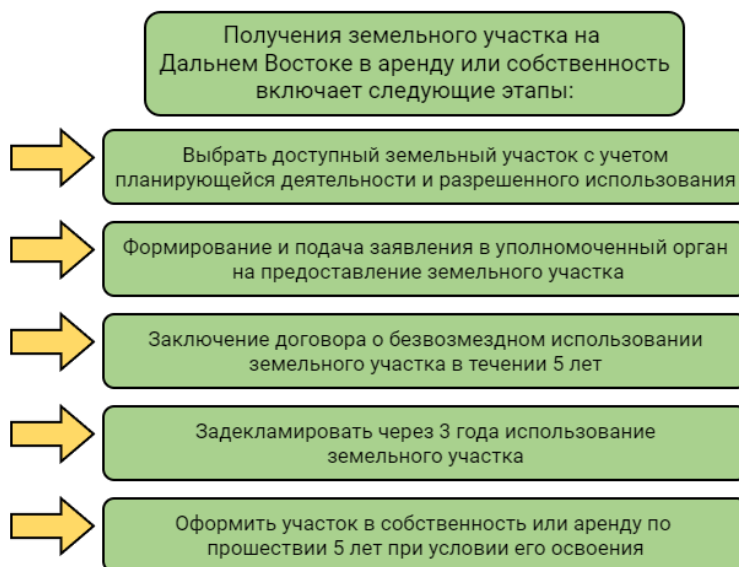


Рисунок 1 – Этапы получения земельного участка в собственность по программе «Дальневосточный гектар»

Figure 1 - Stages of Land Acquisition under the Far Eastern Hectare Program

В настоящее время в связи с преобразованием и рядом изменений в земельном законодательстве Российской Федерации важным и перспективным становится освоение новых неиспользованных прежде земель. В число таких земель входит Дальний Восток, является перспективным и актуальным районом для развития сельского хозяйства [2], о чем свидетельствуют данные распределения земельных ресурсов по программе «Дальневосточный гектар», представленные Министерством по развитию Дальнего Востока и Арктики (около 40 %) (рисунок 2).

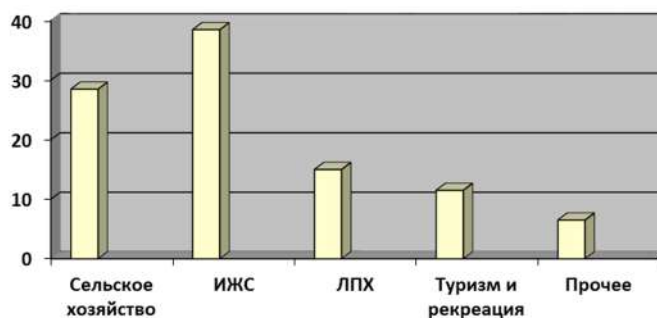


Рисунок 2 – Распределение земельных ресурсов «Дальневосточного гектара» в % (по данным Минвостокразвития, 2022)

Figure 2 – Distribution of Far Eastern Hectare land resources in % (according to the Ministry for the Development of the Russian Far East, 2022)

В агролесомелиоративном районировании РФ в южно-таёжно-лесной зоне Дальневосточной провинции выделен Дальневосточный район, Дальневосточно-Сахалинский и Дальневосточно-Амуро-Уссурийский подрайоны, Сихотэ-горношироколистно-лесная горная область.

Будущее агролесоводства на лесных почвах России, и особенно на Дальнем Востоке, актуально и на данный момент развито недостаточно. Структура сельскохозяйственных угодий Дальневосточного Федерального округа разнится в зависимости от субъекта РФ (таблица 2). Очень слабое развитие агролесоводства связано с малочисленностью населения, неразвитостью инфраструктуры, дорожной сети. Те же проблемы и у агролесомелиорации на степных почвах. Содружество лесного и сельского хозяйства взаимовыгодно. Оно должно организовано решаться на производственных и научных основах. Агролесной холдинг должен быть организован и развиваться.

Таблица 2 – Структура сельскохозяйственных угодий Дальневосточного Федерального округа (таблица составлена по данным национального атласа почв Российской Федерации)

Table 2 – The structure of agricultural land of the Far Eastern Federal District (table compiled according to the National soil atlas of the Russian Federation)

Субъект РФ	Сельскохозяйственные угодья					
	Общая площадь, тыс. га	Пашня, тыс. га	Залежь, тыс. га	Многолетние насаждения, тыс. га	Сенокосы, тыс. га	Пастбища, тыс. га
Республика Саха (Якутия)	1639,2	110,0	15,1	1,0	718,2	794,9
Приморский край	1651,5	742,9	71,0	26,0	358,7	452,9
Хабаровский край	671,5	100,6	23,9	16,7	405,3	125,0
Амурская область	2733,8	1262,1	559,3	11,9	417,9	482,6
Камчатский край	431,5	62,2	0,3	5,3	66,8	296,9
Магаданская область	122,3	23,8	4,4	0,1	51,5	42,5
Сахалинская область	182,9	51,6	-	7,7	63,4	60,2
Еврейская АО	537,1	98,8	66,0	3,2	119,2	249,9
Чукотский АО	8,6	0,1	-	-	8,2	0,3
Итого по округу:	8023,3	2454,4	740,7	71,9	2239,3	2517,0

Агролесомелиорация успешно развивается в нашей стране. За 100-летний период во всех природных зонах на малопродуктивных, эродированных, дефлированных, засоленных почвах созданы стационары, оазисы. Разработаны рекомендации по агролесомелиоративному земледелию (Жуков, 1970), животноводству (Касьянов, 1985), мелиорации почв (Кретинин, 2009). Полученные материалы должны быть использованы в создаваемых наделах на Дальнем Востоке. Необходимо организовать научно-исследовательский стационар в сети агролесного учреждения.

С начала существования агролесомелиоративной практики на территории Дальнего Востока уделялось крайне мало внимания данной научно-практической отрасли, однако в течение длительного времени на площади более 127 млн га велись мелиорационные работы по причине высокой заболоченностью территории. Главной особенностью региона можно считать переувлажненность и заболоченность территории [1], вызванные периодическими разливами рек и затяжными дождями в летний период (Витвицкий, 1969). В это же время на землях сельскохозяйственного назначения создавались различные защитные лесные насаждения (ЗЛН), что ставило перед собой задачу по изменению неблагоприятных природных условий и увеличению производства сельского хозяйства. Например, в научно-исследовательских работах Е. С. Зархиной (Зархина, 1968) и Г. И. Подойницына (Подойницын, 1959) и других специалистов проводится анализ мелиоративных мероприятий и изложен ряд доказательств в пользу рентабельности создания ЗЛН на сельскохозяйственных землях Дальнего Востока [3].

Примечательной датой можно считать 15 мая 2006 года, когда был принят закон «О мелиорации земель в Приморском крае» (с изменениями на 06.06.2016 г.), направленный на актуализацию мелиорации в Приморском крае, что должно было привести к росту показателей в сельскохозяйственной отрасли.

Дальний Восток – это самый отдаленный от столицы и самый большой по площади округ Российской Федерации [11], при этом имеющий наименьшую численность, вызванную слабой заселенностью и освоенностью территории.

Принятие закона № 119-ФЗ РФ явилось следствием слабого использования земельных ресурсов с целью ведения сельского хозяйства. Предполагалось, что данная мера поспособствует освоению неиспользованных прежде земель, что, как следствие, приведет к экономическому росту в данном регионе страны [10].

Проводимая программа по выделению гражданам в пользование 1 га земли обнажила ряд практических недоработок уже на стадии реализации и использования гражданами земельных участков [12]. Непригодность «дальневосточного гектара» под выбранный гражданами вид деятельности стал решающей причиной для отказов от земельных участков. Лидирующую позицию по отказам граждан от земельных участков занял Хабаровский край, где из 11 тыс. переданных в безвозмездное пользование участков было возвращено более 600. Стоит сказать, что законом не предусмотрена замена либо взятие нового участка взамен предыдущего, т.е. граждане могут воспользоваться данной программой единожды [8].

До получения участка землевладелец обязан знать природные условия местности: ландшафт, растительный покров, гидрологию, почвенный покров и его плодородие; обустройство территории: расстояние от населенного пункта, транспортную и электрическую сети. Все эти сведения определяют стратегию и тактику землепользования. Крутосклоны, расчлененность обязывают противоэрозионные мероприятия: контурное земледелие, сооружение валов и канав, посадку стокорегулирующих лесных полос, залужение. Понижения, болота определяют осушительные мероприятия: дренаж, регулирование поверхностного стока. Постройка жилищ в понижениях на первой надпойменной террасе исключена из-за угрозы затопления. Криволесье (кустарники, малоченные деревья) вырубают.

При этом планируют квадраты полей, а на их границах оставляют 2-3 ряда деревьев, которые будут полезащитными лесными полосами и прилегающие к ним полевые дороги. На равнинной территории основные полосы располагают перпендикулярно направлению метелевым ветрам, а на склоновых – поверхностному стоку талых вод.

Неоднозначна площадь земельного участка. Она достаточна для овощеводства, садоводства, но мала для скотоводства [4], возделывания в севообороте сельскохозяйственных культур, использования техники. В дальнейшем это определит аренду земли, объединение земледельцев в коллективные хозяйства [5].

Оптимальная форма участка прямоугольная: ширина 20 м, длина 50 м. Контур участка целесообразно обнести забором из профлиста для защиты от зайцев и хищников. Дешевле будет принятая в агролесоводстве зеленая изгородь из колючих кустарников шиповника, плоды которого богаты витаминами. Забором могут служить 1-2 ряда полезащитной полосы из деревьев: дуб монгольский, лиственница сибирская и даурская; или плодовых: груша уссурийская, абрикос маньчжурский и др.

Дом прилегает узкой стороной к улице, впереди палисадник, сбоку под навесом гараж для автомашины, во дворе беседка, колодец. В дальнем конце участка размещают домашних животных, сеновал, склад для инвентаря, амбар.

На южном освещенном конце участка размещают угодья: огород, сад, пашня, луг. Подбирают рекомендованный ассортимент деревьев, кустарников, овощных и полевых культур.

Необходимо изучить ветровой режим на участке, снежный покров, питательный режим почвы, позволяющий формировать внесение органических и минеральных удобрений. Здесь предпочтительно биологическое земледелие с участием посевов бобовых трав, сидерацию.

Большая доля лесных угодий позволяет побочное лесное пользование: сбор грибов, ягод, орехов, лов рыбы. Полезно пчеловодство, умеренный лов и отстрел птиц и зверей.

Не изучено агролесоводство в регионе на основе взаимозамены древесных, кустарниковых и травянистых растений. Проблематично совместное их произрастание, из-за борьбы за свет, влагу и питательные вещества. В жарких странах это возможно. Предлагается изучить произрастание сельскохозяйственных культур на солнечных полянах леса.

На Дальнем Востоке обсуждается вопрос о создании лесных садов, в которых сосуществуют дикие и культурные растения (Измоденов, 2001, 2003). Изучение их позволит лучше познать их мелиоративные и функциональные возможности [9, 13].

При неумеренном, маргинальном землепользовании возможно и на Дальнем Востоке опустошение на песчаных почвах при перевыпасе скота, дефляции почвы. Борьба с опустыниванием успешна в условиях влажного климата.

Выводы. Таким образом, на Дальнем Востоке богатом и разнообразном земельными ресурсами, актуальны проблемы организации перенаселения с запада страны, русскоязычных из-за границы, создания и обустройства поселений, углубления исследований агролесомелиорации и агролесоводства.

Проведение такой значительной по масштабам программы как «Дальневосточный гектар» обнажило очевидную необходимость во всестороннем изучении условий территории с учетом всех факторов для успешного и долгосрочного осуществления хозяйственной деятельности без убытков и потерь для граждан, рискнувших освоить новые земли.

Стоит острая необходимость включать в планы по освоению новых территорий агролесомелиоративные мероприятия, в частности создавать системы защитных лесных насаждений с учетом ландшафтных и агроклиматических особенностей территории и имеющегося опыта практических работ.

Библиографический список

1. Бочарников В. Н., Егидарев Е. Г. Дикая природа в ландшафтах и экорегионах России // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 38-49.
2. Горбунов Н. М. Проблемы устойчивого развития регионов Дальнего Востока // Власть и управление на Востоке России. 2015. № 2 (71). С. 19-25.
3. Дорохина З. П. Агролесомелиорация в Приморском крае: опыт и внедрение // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 82-86.
4. Дорохина З. П., Ивакина Е. В. Проектирование защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения в Приморском крае (на примере территории опережающего развития "Михайловский") // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 21-29.
5. Ким А. В. О проблемах развития сельского хозяйства на "Дальневосточном гектаре" // Современный ученый. 2019. № 1. С. 285-288.
6. Кретинин В. М. Будущее агролесоводства на лесных почвах России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2016. № 1 (41). С. 52-57.
7. Кретинин В. М., Кулик К. Н., Кошелев А. В. Агролесомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 23-26.
8. Мазелис А. Л. Проблема оценки реализации программы Дальневосточный гектар // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 4 (25). С. 190-193.
9. Маканникова М. В. Состояние мелиорированных земель и мероприятия по их улучшению в Амурской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 7 (177). С. 39-44.

10. Пилилян Е. К. Программа "Дальневосточный гектар" в опережающем развитии Дальнего Востока России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 5-1. С. 109-115.
11. Попова О. А. Программа "Дальневосточный гектар": проблемы и перспективы реализации // Аграрное и земельное право. 2020. № 2 (182). С. 12-14.
12. Сокол-Номоконов Э. Н., Сокол-Номоконов В. Э. Проявления градостроительного нигилизма в российском праве и их последствия в связи с реализацией "программы Дальневосточного гектара" // Градостроительное право. 2019. № 3. С. 21-28.
13. Яковлев А. И., Хабек Й. О. Развитие мелиорации в Якутии // Вестник Сургутского государственного педагогического университета, 2019. № 6 (63). С. 62-72.
14. Belolyubskaya G. The Far-Eastern Hectare Law and land in the Sakha Republic (Russia) // Polar Science. 2021. №. 27. P. 100683.
15. Landscape response to the Medieval Warm Period in the South Russian Far East / N. Razjigayeva, L. Ganzey, B. Bazarova, M. Lyashevskaya // Quaternary International. 2019. № 51. P. 215-231.

Информация об авторах

Кретинин Вениамин Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНИЦ агроэкологии РАН, Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6341-0478>, e-mail: kretininv@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-10

METHODS OF BASIC TILLAGE WHEN GROWING ALFALFA IN THE VOLGA-DON INTERFLUVE

V.Yu. Misyuryaev¹, E.Yu. Guzenko¹, V.V. Jafarov²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*State University of Land Management, Moscow*

Received 30.07.2022

Submitted 05.09.2022

Abstract

Introduction. In the feed production system of the Volga-Don interfluve, more than 60% of forage crops are located on irrigated lands. The main crops on irrigated lands are perennial grasses, among which alfalfa is the leader and the main crop. The specific weight of which in the structure of sown areas is more than 65%. Therefore, in order to strengthen the feed base of livestock of the Volga-Don interfluve, first of all, it is necessary to increase the productivity of alfalfa. **Object.** The object of research was *Alfalfa of the blue hybrid Talisman variety*. **Materials and methods.** Field experiments were conducted on light chestnut soils of the Svetloyarsky district of the Volgograd region with a humus content of 1.7% in the arable layer. One of the factors studied were the methods of basic tillage: Dump to a depth of 0.20-0.22 m (OO 0.20-0.22 m); Flat-cut to a depth of 0.28-0.30 m (0.28-0.30 m each); Dump to a depth of 0.20-0.22 m with a depression up to 0.38-0.40 m (OU 0.38-0.40 m). The repetition is threefold, the registered area of plots according to the methods of basic tillage was 600 m². **Results and conclusions.** The maximum productivity of the green mass of alfalfa on average for 2017-2019 was set at a dump treatment option to a depth of 0.20-0.22 m with a depth of 0.38-0.40 m and was equal to 50.6 t/ha. The minimum productivity of the green mass of alfalfa was set at the dump treatment option to a depth of 0.20-0.22 m and was equal to 48.8 t/ha. On average, in 2017-2019, there was an increase in seed yield on the variant of dump processing to a depth of 0.20-0.22 m with a deepening to 0.38-0.40 m compared with the variants of traditional dump processing to a depth of 0.20-0.22 m and the variants of flat-cut processing to a depth of 0.28-0.30 m per 0.1 t/ha. The largest conditional net income of 23,842 rubles/ha was established on the variant of dump processing to a depth of 0.20-0.22 m with a deepening to 0.38-0.40 m, on the variant of flat-cut processing to a depth of 0.28-0.30 m, the conditional net income was 1,606 rubles/ha less. The highest profitability of 123.2% was established on the variant of dump processing to a depth of 0.20-0.22 m with a deepening to 0.38-0.40 m, on the variant of flat-cut processing to a depth of 0.28-0.30 m, the profitability was 7.2% less. Thus, the study of the methods of basic tillage in the cultivation of blue hybrid alfalfa of the Talisman

variety on irrigated light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium showed that the greatest productivity of the green mass, the largest number of productive stems on the plant and branches of the first order, seed yield, the cost of gross output, conditional net income and profitability were formed on the dump treatment option to a depth of 0.20-0.22 m with a depression up to 0.38-0.40 m.

Keywords: *alfalfa, productivity, tillage techniques, dump, flat-cut, dump with deepening.*

Citation. Misyuryaev V. Yu., Guzenko E. Yu., Jafarov V. V. Methods of basic tillage when growing *Alfalfa* in the Volga-Don interfluvium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 90-96 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-10.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

УДК 633.2/.3:631.5

СПОСОБЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЮЦЕРНЫ В ВОЛГО-ДОНСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ

В. Ю. Мисюряев¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Е. Ю. Гузенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В. В. Джафаров², аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Государственный университет землеустройства, г. Москва

Дата поступления в редакцию 30.07.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

Актуальность. В системе кормопроизводства Волго-Донского междуречья более 60 % посевов кормовых культур размещено на орошаемых землях. Основными культурами на орошаемых землях являются многолетние травы, среди которых лидирует и основной культурой считается люцерна. В структуре посевных площадей синегибридная люцерна занимает более 65 %. В связи с этим для укрепления кормовой базы в Волго-Донском междуречье необходимо увеличить продуктивность люцерны. **Объект.** Объектом исследований являлась люцерна синегибридная сорта Талисман. **Материалы и методы.** Полевые опыты проводились на светло-каштановых почвах Светлоярского района Волгоградской области с содержанием гумуса в пахотном слое 1,7 %. Одним из изучаемых факторов являлись приёмы основной обработки почвы: отвальная на глубину 0,20-0,22 м (ОО 0,20-0,22 м); плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м (ПО 0,28-0,30 м); отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м (ОУ 0,38-0,40 м). Повторность трёхкратная, учётная площадь делянок по приёмам основной обработки почвы составляла 600 м². **Результаты и выводы.** Максимальная продуктивность зелёной массы люцерны в среднем за 2017-2019 годы установлена на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и равнялась 50,6 т/га. Минимальная продуктивность зелёной массы люцерны установлена на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и равнялась 48,8 т/га. В среднем за 2017-2019 годы отмечалось увеличение урожайности семян на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м по сравнению с вариантами традиционной отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и вариантами плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м на 0,1 т/га. Наибольший условный чистый доход (23 842 руб./га) установлен на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м, на варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м условный чистый доход был на 1606 руб./га меньше. Наибольшая рентабельность (123,2 %) установлена на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м, на варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м рентабельность была на 7,2 % меньше. Таким образом, изучение приёмов основной обработки почвы при возделывании синегибридной люцерны сорта Талисман на орошаемых светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья показало, что наибольшая продуктивность зелёной массы, наибольшее количество

продуктивных стеблей на растении и ветвей первого порядка, урожайность семян, стоимость валовой продукции, условный чистый доход и рентабельность формировались на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м.

Ключевые слова: люцерна, продуктивность люцерны, способы обработки почвы, отвальная обработка почвы, плоскорезная обработка почвы.

Цитирование. Мисюряев В. Ю., Гузенко Е. Ю., Джафаров В. В. Способы основной обработки почвы при выращивании люцерны в Волго-Донском междуречье. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 90-96. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многолетние травы во всех почвенно-климатических условиях и типах севооборотов имеют большое значение в получении высокобелковых, энергонасыщенных кормов, улучшении водно-физических свойств почв, приумножении их плодородия, обеспечении последующих культур севооборотов доступными элементами питания [2, 7, 10, 11].

В Нижнем Поволжье люцерна и эспарцет занимают основные площади посева многолетних трав, являются главным продуцентом растительного белка и хранителем почвенного плодородия [1, 3, 4].

Севообороты на орошаемых землях Нижнего Поволжья невозможно представить без люцерны, которая является главным восстановителем плодородия почвы, накопителем биологического азота [8, 13, 14].

По результатам исследований Т. Н. Дроновой и Н. И. Бурцевой в подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья была определена оптимальная плотность травостоев люцерны на корм – 400-450 растений на 1 м² в фазу полных всходов, 250-280 – в начале вегетации второго, 200-230 растений – третьего года жизни [5, 6].

И. П. Кружилин с А. С. Мушинским в результате проведения своих исследований разработали оптимальные режимы орошения и регламенты применения удобрений при возделывании семенной люцерны [9].

Н. В. Тютюма и А. В. Кудряшов изучили влияние различных агроприемов на урожайность воздушно-сухой массы травосмесей в условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия [12].

Однако глубоких основательных исследований по приёмам обработки почвы при выращивании люцерны на орошаемых землях Волго-Донского междуречья не проводилось.

Материалы и методы. В связи с этим в 2016 году в Светлоярском районе Волгоградской области на площади 5400 м² были заложены опыты, в том числе по изучению приёмов основной обработки почвы: отвальная на глубину 0,20-0,22 м (ОО 0,20-0,22 м); плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м (ПО 0,28-0,30 м); отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м (ОУ 0,38-0,40 м). Повторность – трёхкратная, учётная площадь делянок по приёмам основной обработки почвы составляла 600 м². Почва опытного участка – светло-каштановая, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 1,7 %. Реакция почвенного раствора – рН=7,4. Почва характеризуется бесструктурностью верхнего слоя почвы и уплотнением нижнего, что затрудняет доступ воды и воздуха в нижележащие горизонты. Равновесная плотность почвы в среднем составляла 1,30 т/м³, что также свойственно для светло-каштановых почв. Плотность твёрдой фазы почвы – 2,6 т/м³.

Результаты и обсуждение. В первый год использования в 2017 году продуктивность зелёной массы люцерны была самой низкой по сравнению с другими годами. Наибольшая продуктивность зелёной массы люцерны формировалась на делянках с отвальной почвообработкой на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м. Продуктивность зелёной массы составляла от 38,6 т/га. На варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м продуктивность зелёной массы была на 1,9-2,9 % меньше, а на делянках с отвальной почвообработкой – на 0,20-0,22 м на 3,2-5,1 % меньше.

Наибольшая продуктивность зелёной массы люцерны по приёмам обработки почвы в 2018 году также формировалась на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м. Продуктивность зелёной массы составляла от 57,8 т/га. На варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м продуктивность зелёной массы была на 1,2-1,4 % меньше, а на варианте отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м на 3,1-3,2 % меньше.

Наибольшая продуктивность зелёной массы люцерны по приёмам основной обработки почвы в 2019 году формировалась на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м. Продуктивность зелёной массы составляла от 55,4 т/га. На варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м продуктивность зелёной массы была на 1,2-1,3 % меньше, а на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м на 1,0-3,7 % меньше.

Максимальная продуктивность зелёной массы люцерны в среднем за 2017-2019 годы установлена на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и равнялась 50,6 т/га. Минимальная продуктивность зелёной массы люцерны установлена на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м и равнялась 48,8 т/га.

Таблица 1 – Продуктивность зелёной массы, т/га

Table 1 – Productivity of green mass, t/ha

Приём основной обработки почвы	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м	36,8	55,3	54,3	48,8
Плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м	37,7	56,7	54,7	49,7
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м	38,6	57,8	55,4	50,6

Среднее количество стеблей на одном растении по вариантам основной обработки почвы практически не различалось, можно только отметить увеличение количества стеблей на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м по сравнению с вариантами традиционной отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и вариантами плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м на 0,1 шт.

Количество продуктивных стеблей в среднем на одном растении также практически не различалось, можно только отметить увеличение количества стеблей на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м по сравнению с вариантами традиционной отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и вариантами плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м на 0,1 шт.

Наибольшее количество ветвей первого порядка в среднем на одном растении также фиксировалось на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и равнялось 7,8 шт./1 раст. На варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м ветвей первого порядка было на 0,1 штук меньше, а на варианте традиционной отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м ещё на 0,1 шт./1 раст. меньше.

В среднем за 2017-2019 годы показатели урожайности семян люцерны сорта Талисман по приёмам обработки почвы мало отличались друг от друга. Но всё равно, отмечается увеличение урожайности семян на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м по сравнению с отвальной обработки на 0,20-0,22 м и делянками плоскорезной обработки на 0,28-0,30 м на 0,1 т/га.

**Таблица 2 – Количество стеблей и ветвей первого порядка,
среднее за 2017-2019 гг., шт./ 1 раст.**

**Table 2 – Number of stems and branches of the first order, average for 2017-2019,
pcs./ 1 plant**

Приём основной обработки почвы	Кол-во стеблей на растении	Продуктивных стеблей	Ветвей первого порядка
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м	5,3	4,3	7,6
Плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м	5,3	4,3	7,7
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м	5,4	4,4	7,8

Таблица 3 – Урожайность семян люцерны Талисман, среднее за 2017-2019 гг., т/га

Table 3 – Yield of alfalfa Talisman seeds, average for 2017-2019, t/ha

Приём основной обработки	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м	0,16	0,28	0,25	0,23
Плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м	0,17	0,28	0,24	0,23
Отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м	0,17	0,29	0,26	0,24

При определении экономических показателей было установлено, что наименьшая себестоимость одной тонны семян (79 850 руб./т) была установлена на варианте плоскорезной обработки на 0,28-0,30 м, на варианте отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м себестоимость одной тонны семян была на 808 руб./т больше, а на варианте традиционной отвальной обработки на 0,20-0,22 м – на 4416 руб./т больше по сравнению с отвальной обработкой на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и на 5224 руб./т больше по сравнению с плоскорезной обработкой на глубину 0,28-0,30 м.

Наибольший условный чистый доход (23 842 руб./га) установлен на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м, на варианте плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м условный чистый доход оказался на 1606 руб./га меньше, а на делянках отвальной обработки на 0,20-0,22 м – на 2009 руб./га меньше по сравнению с отвальной обработкой на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и на 403 руб./га меньше по сравнению с плоскорезной обработкой на глубину 0,28-0,30 м.

Максимальная рентабельность (123,2 %) получена при отвальной обработке на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м, при плоскорезной обработке на 0,28-0,30 м рентабельность оказалась на 7,2 % ниже, при отвальной обработке на 0,20-0,22 м – на 11,6 % ниже по сравнению с отвальной обработкой на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м и на 4,4 % ниже по сравнению с плоскорезной обработкой на 0,28-0,30 м.

Таблица 4 – Показатели экономической эффективности (среднее за 2017-2019 гг.)

Table 4 – Economic efficiency indicators (average for 2017-2019)

Экономический показатель	Отвальная на глубину 0,20-0,22 м	Плоскорезная на глубину 0,28-0,30 м	Отвальная на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м
Урожайность, т/га	0,23	0,23	0,24
Удельные затраты на 1 га, руб.	19 567	19 164	19 358
Стоимость валовой продукции, руб.	41 400	41 400	43 200
Себестоимость 1 тонны, руб	85 074	79 850	80 658
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	148,1	146,5	147,2
Условный чистый доход, руб/га.	21 833	22 236	23 842
Рентабельность, %	111,6	116,0	123,2

Выводы. Изучение приёмов основной обработки почвы при выращивании синегибридной люцерны сорта Талисман на орошаемых землях Волго-Донского междуречья показало, что наибольшая продуктивность зелёной массы, наибольшее количество продуктивных стеблей на растении и ветвей первого порядка, урожайность семян, стоимость валовой продукции, условный чистый доход и рентабельность формировались при отвальной обработке на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м.

Варианты традиционной отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и варианты плоскорезной обработки на глубину 0,28-0,30 м уступали по данным показателям отвальной обработки на 0,20-0,22 м с углублением до 0,38-0,40 м.

Библиографический список

1. Бабаян Л. А. Агропроизводственное использование многолетних трав в севообороте на склонах сухостепной зоны Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. № 1. С. 56-64.
2. Горюнов К. Н., Влияние ряда количественных признаков на урожайность семян образцов люцерны // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5 (71). С. 52- 58.
3. Денисов Е. П., Косачев А. М., Солодовников А. П. Борьба с сорняками в посевах люцерны // Вестник кадровой политики и аграрного образования. 2002. № 2. С. 4-5.
4. Денисов Е. П. Многолетние травы как фитомелиоранты // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 3 (53). С. 48-50.
5. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 63-71.
6. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Научные результаты исследований по многолетним травам // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 46-55.
7. Игнатъев С. А., Кравченко Н. С., Регидин А. А., Горюнов К. Н. Оценка параметров экологической адаптивности образцов люцерны по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3 (75). С. 35-41.
8. Киричкова И. Ю., Калмыков С. И., Шарова Н. С. Влияние возделывания многолетних трав на плотность сложения почвы южных черноземов Нижнего Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета. 2009. № 4. С. 14-16.
9. Кружилин И. П., Мушинский А. С. Особенности орошения и удобрений семенной люцерны в Оренбургской области // Кормопроизводство. 2003. № 2. С. 26-30.
10. Лазарев Н. Н., Благовещенский Г. В. Многолетние травы в интенсивном молочном скотоводстве Западной Европы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 101-107.
11. Спиридонов А. М., Мазин А. М. Урожайность и качество травостоев сортов клевера лугового на Северо-Западе России // Аграрная Россия. 2021. № 11. С. 8-11.
12. Тютюма Н. В., Кудряшов А. В. Влияние различных агроприемов на урожайность воздушно-сухой массы травосмесей в условиях Северного Прикаспия // Аграрная Россия. 2022. № 7. С. 3-6.
13. Чамурлиев О. Г., Жидков В. М. Севообороты на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 160 с.
14. Чурзин В. Н., Егорова Г. С. Кормопроизводство // Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2013. С. 147-293.

Информация об авторах

Мисюряев Виктор Юрьевич, доцент по кафедре "Безопасность жизнедеятельности" ФГБОУ Волгоградский государственный аграрный университет, (400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26.), доктор с.-х. наук, e-mail: att-lab@mail.ru.

Гузенко Елена Юрьевна, доцент по кафедре "Безопасность жизнедеятельности" ФГБОУ Волгоградский государственный аграрный университет, (400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26.), кандидат с.-х. наук, e-mail: gelena2704@mail.ru.

Джафаров Вагиф Вахидович, аспирант ФГБОУ Государственный университет землеустройства (105064, г. Москва, ул. Казакова 15. Стр. 2). e-mail: vadif-92@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-11

DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL TECHNIQUES IN THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF LEGUMINOUS CROPS IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA

A. Yu. Moskvichev¹, S. A. Agapova²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 19.04.2022

Submitted 12.07.2022

Summary

This article provides data on the processing of certain techniques in the technology of cultivation of leguminous crops, such as inoculation of seeds, foliar application of natural mineral and biological products for vegetating plants in the conditions of the Lower Volga.

Abstract

Introduction. Techniques for modernizing the technology of cultivation of leguminous crops is the object of close attention. Therefore, their improvement is a very relevant topic. In this article, we considered the effect of inoculation and foliar application on these crops. **Object.** Studies were conducted on chickpeas and soybeans, which examined the foliar use of biopreparations and a natural mineral against the background of seed inoculation on the spread of major diseases and their productivity. **Materials and methods.** The study of these issues was carried out in the zone of chestnut soils of the Volgograd region. With the culture of chickpea variety Volgogradsky 10, studies were carried out in the Peasant farm «Germagenov A.V.» the zone of dark chestnut soil of the Danilovsky district in arid conditions, and with soybean variety Volgogradka 2 of the own breeding of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific and Research Institute of Irrigated Agriculture» at the experimental station «Oroshaemoe» zone of light chestnut soil during irrigation. The laying of experiments and accompanying observations were carried out according to generally accepted methods. On chickpea culture, studies were carried out in 2020 and 2021, and on soybeans, annual data for 2021. The above research results for these years allow us to draw reasonable conclusions on these leguminous crops. Close attention is of a certain interest to agricultural producers involved in the cultivation of these crops. **Results and conclusions.** Based on the results of these observations, we can confidently assert that it is necessary to inoculate seeds on the studied crops, and also during the growing season to carry out foliar top dressing according to the development phases of these leguminous crops with biological preparations, as well as a natural mineral - a bilator. Calculations of the economic efficiency of the measures taken show the feasibility of their use.

Key words: chickpeas, soybean, modified preparation – bilator, biologics, productivity, iseases of leguminous crops.

Citation. Moskvichev A. Yu., Agapova S. A. Development of individual techniques in the technology of cultivation of Leguminous crops in the conditions of the Lower Volga. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 96-103 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-11.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.3:631.5(470.44/.47)

ОТРАБОТКА ОТДЕЛЬНЫХ ПРИЕМОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

А. Ю. Москвичев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. А. Агапова², младший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 19.04.2022

Дата принятия к печати 12.07.2022

Актуальность. Приемы модернизации технологии возделывания зернобобовых культур являются объектом пристального внимания, поэтому их усовершенствование является весьма актуальной темой. В данной статье мы рассматривали действие инокуляции и внекорневых подкормок на эти культуры. **Объект.** Исследования проводились на нуте и сое, где рассматривалось внекорневое использование биопрепаратов и природного минерала на фоне инокуляции семян на распространение основных заболеваний и их продуктивность. **Материалы и методы.** Изучение данных вопросов проводилось в зоне каштановых почв Волгоградской области. С культурой «нут» сорта Волгоградский 10 исследования осуществлялись в КФХ «Гермагенов А. В.», зона темно-каштановой почвы Даниловского района в аридных условиях, а с соей – сорта Волгоградка 2 собственной селекции ФГБНУ ВНИИОЗ на опытной станции «Орошаемая», зона светло-каштановой почвы при орошении. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проводились по общепринятым методикам. На культуре «нут» исследования проводились в 2020 и 2021 годах, а по сое – однолетние данные за 2021 год. Приведенные результаты исследований за эти годы позволяют дать обоснованные выводы по этим зернобобовым культурам и могут представлять определенный интерес для сельхозтоваропроизводителей, занимающихся возделыванием этих культур. **Результаты.** По итогам данных наблюдений мы с уверенностью можем утверждать, что на изучаемых культурах необходимо делать инокуляцию семян, а также в период вегетации проводить внекорневые подкормки по фазам развития этих зернобобовых культур биологическими препаратами, а также природным минералом – билатором. Подсчеты экономической эффективности проводимых мероприятий показывают целесообразность их использования.

Ключевые слова: нут, соя, природные минералы, билатор, биопрепараты, болезни зернобобовых культур.

Цитирование. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Отработка отдельных приемов технологии возделывания зернобобовых культур в условиях Нижней Волги. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 96-103. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-11.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Зернобобовые культуры имеют большое продовольственное, кормовое и агрономическое значение [9, 10]. Они содержат в 2-3 раза больше белка, чем зерновые злаки, их сено и солома, отходы и мякина хорошо поедаются животными, мука зернобобовых – важнейший компонент в производстве комбикормов. В агрономии зернобобовым отводится роль восстановителя почвенного плодородия [11, 12]. По использованию они делятся на пищевые, кормовые, технические и универсальные.

Для укрепления продовольственной и кормовой безопасности России необходимо внедрять в посевы высокобелковые культуры. Главным достоинством нута как высокобелкового растения среди зернобобовых культур считается высокая засухо-

устойчивость [6, 8]. В зерне содержится от 19 до 30 % белка, 4-7 % жира, 48-56 % безазотистых экстрактивных веществ, цинка, фолиевой кислоты, переваримость нута достигает 89-97 %. Нут относится к одним из древнейших окультуренных человеком растений, широко распространён в мире и занимает третье место среди бобовых культур, уступая только сое и фасоли [4, 5]. В России его посевы широко распространены на Кавказе и в Поволжье. Нут хорошо переносит почвенную и воздушную засуху, не полегает, при созревании бобы не растрескиваются, культура пригодна для механизированной уборки.

Соя – культура весьма разнообразного использования, один из немногих хозяйственных продуктов, в результате переработки которого получают одинаково ценные как готовую продукцию (соевую муку, соевое масло), так и отходы (соевый шрот). До недавнего времени известная как техническая масличная культура она наиболее используется как кормовая и пищевая. Соя используется для производства кормов в животноводстве, что помогает достичь белковой сбалансированности и экономии зерна. Соя – растение тепло- и светолубивое, может произрастать на разных почвах, кроме кислых, сильно засоленных и заболоченных [2]. Основные районы возделывания сои в России: Амурская область, Приморский, Хабаровский, Краснодарский край, а также другие районы Дальнего Востока, Северного Кавказа, Поволжье, в последнее время до Алтая.

Материалы и методы. Исследования по нуту проводили в 2020-2021 гг. Район исследования – зона каштановых почв (темно-каштановая и светло-каштановая) Волго-Донского междуречья. Полевые опыты по нуту осуществлялись в КФХ «Гермагенов А. В.», где изучалась роль внекорневых подкормок и природного минерала. Месторасположение опытного участка было в Даниловском районе Волгоградской области на темно-каштановой почве, а по орошаемой сое – на землях ФГБНУ ВНИИОЗ г. Волгограда. Схема опыта предусматривала два фона наблюдений: контроль (без инокуляции), инокуляция семян сои препаратами и применение внекорневой подкормки по фазам вегетации этой культуры биопрепаратами и аналогом природного минерала – билатором [7].

Полевые опыты закладывались согласно общепринятым методикам. Посев осуществляли широкорядным способом с междурядьем 70 см в оптимальные сроки на глубину 3-6 см с нормой высева нута – 140 тыс. шт., а сои 600 тыс. шт./га сеялкой *МатерМакк*, размер учетной делянки – 35 м², повторность опыта трехкратная, размещение делянок в опыте рендомизированное. Инокуляцию семян биологическими препаратами (Геостим Фит Г 5-10 л/т, Импровер – 20 мл/т, Гелиос Супер – 1-2 л/т), созданным в ООО «Биотехагро» (г. Тимашевск Краснодарского края), проводили перед посевом. Подкормку растений сои биопрепаратами (Геостим Фит Ж 1-2 л/га, БФТИМ – 2-4 л/га, Импровер – 50 мл/100 л р-ра, Гумэл Люкс – 1 л/га, Гелиос БорМолибден – 0,7 – 2 л/га) в соответствующих вариантах осуществляли путем опрыскивания растений по фазам вегетации сои [9]. Урожай семян учитывали после обмолота комбайном *Sampo* с перерасчетом на 100 %-ную чистоту и 14 %-ную влажность. Природный минерал как в чистом виде (бишофит), так и его модифицированный аналог (билатор) применялся в 1-ной % концентрации по соответствующим фазам этих зернобобовых культур [1].

Почва опытного участка светло-каштановая, тяжелосуглинистая, содержание гумуса 1,72 % (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 70 мг/кг и калия 270 мг/кг соответственно, рН солевой вытяжки – 7,9.

Результаты и обсуждение. Результаты внекорневого использования (таблица 1) природного минерала – билатора в посевах нута за два года показывают определенную их эффективность в борьбе с болезнями этой культуры и повышение его продуктивности.

Таблица 1 – Эффективность внекорневого использования природного минерала в посевах нута на стрессоустойчивость и его продуктивность за 2020-2021 гг.

Tabl. 1 – The effectiveness of foliar use of natural mineral in chickpea crops for stress resistance and its productivity for 2020-2021. The effectiveness of foliar use of natural mineral in chickpea crops for stress resistance and its productivity for 2020-2021.

Название заболеваний / Name of diseases	Фаза развития / Development phase	Табличное значение ЭПВ, % / Table value of EPV, %	Фактическое развитие болезни, % / Actual development of the disease, %	Средний урожай зерна, т/га / Average grain yield, t/ha	Прибавка урожая / Crop increase	
					т/га / t/ha	%
Контроль (без обработки) / Control (without processing)						
Мучнистая роса / Powdery mildew	Образование бобов / Bean formation	10 % развития болезни / 10 % of the disease development	14,8	1,43	-	-
Пероноспороз / Peronosporosis	Цветение / Blossom	25 % развития болезни / 25 % of the disease development	29,4			
Аскохитоз Ascochitosis	Цветение / Blossom	25 % развития болезни / 25 % of the disease development	27,1			
Бишофит (1 %) / Bischofite (1 %)						
Мучнистая роса / Powdery mildew	Образование бобов / Bean formation	10 % развития болезни / 10 % of the disease development	0,8	1,62	0,19	13,3
Пероноспороз / Peronosporosis	Цветение / Blossom	25 % развития болезни / 25 % of the disease development	7,8			
Аскохитоз / Ascochitosis	Цветение / Blossom	25 % развития болезни / 25 % of the disease development	6,1			
Билатор (1 %) / Bilator (1 %)						
Мучнистая роса / Powdery mildew	Образование бобов / Bean formation	10 % развития болезни / 10 % of the disease development	0,3	1,81	0,38	26,6
Пероноспороз / Peronosporosis	Цветение / Blossom	25 % развития болезни / 25 % of the disease development	3,8			
Аскохитоз / Ascochitosis	Цветение / Blossom	25 % развития Болезни / 25 % of the disease development	2,9			
НСР ₀₅ NSR ₀₅				0,11		

В качестве природного минерала использовался 1 % естественный бишофит из скважины, с также в такой же концентрации его аналог – билатор, который подвергался электролизу с помощью электрического тока, пропущенного через медьсодержащие электроды. Они способствовали насыщению модифицированного раствора ионами меди, благоприятно оказывающимися для возбудителей основных заболеваний. На этой культуре такими заболеваниями являлись мучнистая роса, пероноспороз, аскохитоз, которые определялись в наиболее критичные для них фазы развития.

На варианте без обработки растений нута мучнистая роса имела фактическое развитие в 14,8 % к фазе образованию бобов. Пероноспорозом к фазе цветения было охвачено 29,4 % и аскохитоза к этой же фазе составляла 27,1 %. Использование 1 %-ного бишофита при 3-х кратном его применении по фазам: ветвление, начало цветения и образование бобов – снижало их распространение по вышеуказанным болезням до 0,8 %; 7,8 и 6,1 % соответственно.

Использование немодифицированного аналога давало еще лучший результат и распространение их снижалось: мучнистой росой – до 0,3 %, пероноспороза – до 3,8 % и аскохитоза – до 2,9 %.

На контроле средний урожай зерна нута был получен в размере 1,43 т/га. Непосредственно сам природный минерал увеличил его продуктивность до 1,62 т/га или увеличение урожая на 0,19 т/га по сравнению с контролем. Обработка растений нута модифицированным аналогом обеспечивало получение сбора зерна 1 га в 1,81 т, или прибавка урожая была на уровне 0,38 т/га, или 27 % от контрольного варианта.

Все полученные прибавки урожая по вариантам были достоверными.

Таблица 2 – Структурный анализ урожая зерна сои на светло-каштановой почве в условиях орошения за 2021г.

Tabl. 2 – Structural analysis of soybean grain yield on light chestnut soil under irrigation conditions for 2021

Варианты опыта / Experience options	Без инокуляции / Without inoculation			С инокуляцией / With inoculation		
	контроль control	биопрепарат biopreparation	билатор bilator	контроль control	биопрепарат biopreparation	билатор bilator
Масса зерна с одного растения, г. / Grain weight per plant, g.	6,0	8,3	7,1	7,2	10,3	9,0
Масса 1000 зерен, г. / Weight of 1000 grains, g.	119,0	149,0	139,0	133,0	157,0	148,0
Высота прикрепления нижне- го боба, м. / The height of at- tachment of the lower bean, m.	0,11	0,13	0,13	0,11	0,14	0,12
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	2,15	2,93	2,61	2,77	3,90	3,42
HCP ₀₅ по фактору А – 0,31; HCP ₀₅ по фактору В – 0,26; HCP ₀₅ по фактору АВ – 0,28 NSR ₀₅ for factor A – 0.31; NSR ₀₅ for factor B – 0.26; NSR ₀₅ for factor AB – 0.28						

Проводя структурный анализ урожая зерна сои на светло-каштановой почве в условиях орошения за 2021 г., следует отметить, что в целом он сложился благоприятно для развития этой культуры и способствовал получению урожая зерна в пределах 2,5-4,0 т/га. Следует сказать, что из двух режимов орошения был выбран дифференцированный 70-80-70 % НВ. Поэтому режиму орошения были проведены двухфакторные исследования, касающиеся инокуляции семян (препарат Геостим Фит Г 5-10 л/т, Импровер 20 мл/т, Гелиос Супер 1-2 л/т) и вариант без ее применения. На этих фонах следующим фактором было сравнение внекорневого внесения биопрепарата (Геостим Фит Ж 1-2 л/га, БФТИМ – 2-4 л/га, Импровер – 50 мл/100 л р-ра, Гумэл Люкс – 1 л/га, Гелиос БорМолибден – 0,7 – 2 л/га) и модифицированного природного минерала – билатора. При структурном анализе урожая рассматривались такие показатели, как масса зерна с одного растения; масса 1000 зерен; высота прикрепления нижнего боба; урожайность. Из предложенных вариантов для внекорневой подкормки растений сои заметно выделялся вариант с использованием биопрепарата. Согласно данным этой таблицы биопрепарат обеспечивал на варианте без инокуляции массу зерна с одного рас-

тения, г – 8,3, масса 1000 зерен, г – 149,00, высота прикрепления нижнего боба, м – 0,13, урожайность – в 2,93 т/га зерна. А по вариантам с инокуляцией семян перед посевом на этом же применении биопрепарата эти показатели соответственно составили: 10,30 г; 157,00 г; 0,14 м; 3,9 т/га.

По остальным вариантам были получены более низкие значения этих показателей. При этом по двум факторам прибавка урожая была достоверной, что позволяет сделать обоснованные выводы.

Таблица 3 –Элементы структуры продуктивности растений сои в зависимости от инокуляции и подкормок за 2021 г.

Table 3 – Elements of the structure of soybean plant productivity depending on inoculation and top dressing for 2021

Варианты опыта / Experience options	В среднем на 1 растение / On average per 1 plant			Число семян в бобе, шт. / Number of seeds in a bean, pcs.	Масса 1000 зерен, г. / Weight of 1000 grains, g.
	бобов, шт. / beans, pcs.	семян, шт. / seeds, pcs.	масса семян, г. / seed weight, g.		
Без инокуляции / Without inoculation					
контроль / control	17,0	35,8	6,0	2,00	119,0
биопрепарат / biopreparation	36,0	74,1	8,3	2,16	149,0
билатор / bilator	28,0	60,1	7,1	2,10	139,0
С инокуляцией / With inoculation					
контроль / control	23,0	48,6	7,2	2,00	133,0
биопрепарат / biopreparation	22,0	44,9	10,3	2,19	157,0
билатор / bilator	31,0	65,0	9,0	2,14	148,0

Рассматривая элементы структуры продуктивности растений сои в зависимости от инокуляции и внекорневых подкормок препаратами за 2021 г., отмечаем положительное влияние инокуляции и проведения подкормок на формирование числа бобов на растении, шт.; количестве семян, шт.; массе семян, г; количестве семян в бобе, шт.

Таблица 4 – Экономическая эффективность использования природного минерала и его аналога на нуте в среднем за 2 года (2020-2021 гг.)

Table 4 – The economic efficiency of using a natural mineral and its analog on a laptop for an average of 2 years (2020-2021)

№ п/п	Варианты / Variants	Величина прибавки урожая, т/га / The value of the increase in yield, t/ha	Стои- мость 1 т, руб. / Cost 1 ton, rub.	Стоимость прибавки урожая, руб. / The cost of the crop increase, rub	Дополни- тельные затраты на 1 га, руб. / Additional costs per 1 ha, rub.	Дополнительный чи- стый доход, руб / Additional net income, rub.	
						на 1 га / per 1 ha	на 1 руб. до- полнительных затрат / for 1 rub of additional costs
1	Бишофит / Bischofite	0,19	18000	3420,00	1250,70	2169,00	1,73
2	Билатор / Bilator	0,38	18000	6840,00	1672,50	5168,00	3,09

Исходя из полученных данных лучшими вариантами следует признать использованием биопрепарата при внекорневом его внесении. Так, на фоне без обработки семян (без инокуляции) биопрепарат позволил получить на одном растении большее количество бо-

бов в 36,0 шт.; семян – 74,1 шт.; массой семян 8,3 г. С числом семян зерна в бобе 2,16 шт. и массой 1000 зерен в 149,0 г. В то время, как этот препарат на фоне применения инокуляции обеспечивал соответственно 20,0 шт.; 44,9 шт.; 4,0 г; 2,19 шт.; 157,00 г.

Показатели же элементов структуры урожая на других вариантах уступали этим значениям.

Анализ экономической эффективности использования природного минерала и его аналога в период вегетации на нуте показывает выгодность их применения. Так, дополнительный чистый доход на 1 га при трехкратном внесении 1 %-ного бишофита на нуте давало 2169 руб., а использование его аналога – билатора доводило до 5168 руб. А дополнительный чистый доход на 1 руб. дополнительных затрат соответственно составило 1,73 руб. и 3,09 руб.

Выводы. В результате приведенных исследований мы можем с уверенностью утверждать, что возделывание зернобобовых культур необходимо использовать для посева инокулированные семена с проведением на посевах внекорневых подкормок биопрепаратами или же естественным природным минералом, что подтверждается агрономическим и экономическим эффектом.

Библиографический список

1. Агапова С. А., Москвичев А. Ю. Совершенствование технологии возделывания зернобобовых культур на юге России // Материалы XXVI региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2021. 61 с.
2. Адаптивные высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиорированных ландшафтах Южной и Центральной России / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, Г. П. Канцер, И. В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 120-125.
3. Влияние регуляторов роста и инокуляции на урожайность и качество семян сои // И. М. Ханиева, А. Л. Бозиев, М. М. Карданова, И. Х. Тлостанов // Успехи современной науки. 2017. № 4. С. 127-129.
4. Гринько А. В., Кулыгин В. А., Вошедский Н. Н. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление нута в богарных условиях // Зерновые и крупяные культуры. 2019. № 4. С. 92-98.
5. Метлина Г. В., Васильченко С. А., Кривошеева В. Д. Урожайность нута в зависимости от водного и пищевого режимов почвы в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3. С. 13-17.
6. Михеев Н. В., Гармашова Т. Ю. Особенности возделывания нута на орошаемых землях Ростовской области // Вестник современных исследований. 2019. № 2.7 (29). С.49-52.
7. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Отзывчивость зернобобовых культур на применение бишофита и его аналога в условиях Нижней Волги на каштановых почвах Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2021. № 4. С. 23-28.
8. Нут – культура перспективная для биологизированных технологий возделывания в Центральном округе Российской Федерации / В. И. Старцев, Е. Н. Закабунина, А. П. Глинушкин, Л. В. Старцева // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2020. № 33 (38). С. 30 -38.
9. Оценка влияния инокуляции семян на урожайность сои в Орловской области / Е. В. Кирсонова, З. Р. Цуканова, А. Г. Васильчиков, Е. И. Чекалин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (67). С. 62-68.
10. Приемы адаптивной ресурсосберегающей технологии возделывания нута в степном засушливом Поволжье / Л. П. Шевцова, Н. И. Германцева, Н. А. Шьюрова, О. С. Башинская, С. В. Фартуков // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 39-43.
11. IOP Conference series: earth and environmental science / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, E. S. Vorontsova, S. D. Fomin, T. S. Koshkarova. 2021. P 012072.
12. Vital R. G. Ketric oxide increases the prysioloqical and biochemical stability of soybean plants unde high temperature // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.

Информация об авторах

Москвичев Александр Юрьевич, доктор с.-х. наук, профессор Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>, E-mail: moskvichev56@bk.ru, 89053344394,

Агапова Светлана Александровна, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Волгоград, (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5159-6578>, e-mail: sveta-sxi@rambler.ru, тел:89275297451,

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-12

TECHNOLOGICAL STUDY OF THE GRAIN MICROFLORA DURING GERMINATION OF LEGUMES AND OILSEEDS FOR THE FOOD PURPOSES

N. Z. Muslimov¹, A. I. Kabylda², A. B. Dalabaev², B. S. Atabayeva²

¹*Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»,
Kazakhstan, Almaty*

²*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and
Food Industry», Kazakhstan, Nur-Sultan*

Received 19.06.2022

Submitted 29.08.2022

The presented scientific results were obtained as part of the implementation of program-targeted financing BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products from a unit of raw materials, as well as reduce the share of waste in the production of products" according to the scientific task: "Development of technology for the production of functional beverages based on sprouted grain".

Summary

Among the life-support resources of society, food occupies the most important place. Kazakhstan is the leading food producer in the world even in the conditions of the technological lag of the industry. However, further development of the agricultural sector requires the state to develop and implement a well-thought-out strategy for the modernization of agricultural production. The agro-industrial complex, which produces agricultural raw materials and food products, is the guarantor of the country's food security. One of the urgent needs of the agricultural sector is to ensure the growth of crop production, including leguminous grains, and to increase the competitiveness of domestic agricultural enterprises, which is impossible without state regulation and economic support of agriculture.

Abstract

Introduction. The use of alternative food crops allows you to expand the range of the consumer sector. In conditions of potential hunger, it increases the likelihood of access to food for certain groups of the population. Allows you to give a variety of flavors and thereby expand the range and create targeted dietary products. **Object.** The object of the study was legumes and oilseeds, which are a source of food raw materials. **Materials and methods.** The research was carried out in the laboratory «Microbiology and Biotechnology» of the Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», The obtained raw materials for analysis were typical crops growing in the area of the studied area. **Results and conclusion.** In the course of the study, the microflora of grain samples of cereals, legumes and oilseeds was studied, which were identified as the object of research when developing the technology of drinks from sprouted grain. As a result of the work done, it turned out that a typical microflora is characteristic of a benign grain, which changes significantly with improper storage and spoilage. A large part of the bacterial population of seeds of all plants is the non-spore-bearing rod from the genus *Pseudomonas*, which actively reproduces on the surface of plants. *Ps. herbicola* is especially common, which forms colonies of golden yellow color on solid nutrient media. There are microorganisms from the *Ps. fluorescens* family, which gives fluorescent colonies. Of the bacteria of other species, micrococci, lactic acid bacteria are found on the grain. Along with dust and insects, oily bacteria and bacilli fall on the grain, which remain in a passive state on plants, without multiplying. In total, up to 50 species of bacteria are found on plants.

Key words: *cereals, leguminous crops, oilseeds, pathogenic microflora, germination dates, nutrient media, morphological and tinctorial properties, colonies of microorganisms, cultural and morphological characteristics, bacterial strains.*

Citation. Muslimov N. Z., Kabylda A. I., Dalabaev A. B., Atabayeva B. S. Technological study of the grain microflora during germination of legumes and oilseeds for the food purposes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 103-111 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-12.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 663/664:664.863.813

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРНОВОЙ МИКРОФЛОРЫ ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В ПИЩЕВЫХ ЦЕЛЯХ

Н. Ж. Муслимов¹, доктор технических наук, член-корр. АСХН
А. И. Кабылда², кандидат сельскохозяйственных наук
А. Б. Далабаев², магистр техники и технологии
Б. С. Атабаева², специалист

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей
и пищевой промышленности», г. Алматы, Республика Казахстан

²Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 19.06.2022

Дата принятия к печати 29.08.2022

Представленные научные результаты получены в рамках реализации программно-целевого финансирования BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» по научному заданию «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна»

Актуальность. Употребление альтернативных пищевых культур позволяет расширить ассортимент потребительского сектора, что позволяет разнообразить вкус, создать направленные ориентированные диетические продукты. В условиях потенциального голода повышается вероятность доступа к продовольствию отдельных групп населения. **Объект.** Объектом исследования являлись зернобобовые и масличные культуры, которые являются источником получения пищевого сырья. **Материалы и методы.** Исследования проводились в лаборатории «Микробиология и биотехнологии» Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности». Получаемое сырье для анализа составляли типовые культуры, произрастающие в районе исследуемой местности. **Результаты и выводы.** В ходе исследования была изучена микрофлора образцов зерна злаковых, зернобобовых и масличных культур, определенные в качестве объекта исследования при разработке технологии напитков из пророщенного зерна. В результате проделанной работы выяснилось, что доброкачественному зерну свойственна типичная микрофлора, которая существенно изменяется при неправильном хранении и порче. Большую часть бактериального населения семян всех растений составляет неспороносная палочка из рода *Pseudomonas*, активно размножающаяся на поверхности растений. Особенно часто встречается *Ps. herbicola*, которая образует на твердых питательных средах колонии золотисто-желтого цвета. Встречаются микроорганизмы из семейства *Ps. fluorescens*, дающие флюоресцирующие колонии. Из бактерий

других видов на зерне встречаются микрококки, молочнокислые бактерии. На зерно вместе с пылью и насекомыми попадают маслянокислые бактерии и бациллы, которые на растениях сохраняются в пассивном состоянии, не размножаясь. Всего на растениях обнаруживается до 50 видов бактерий.

Ключевые слова: злаковые культуры, зернобобовые культуры, масличные культуры, патогенная микрофлора, зерновая микрофлора, тинкториальные свойства, колонии микроорганизмов, штаммы бактерий.

Цитирование. Муслимов Н. Ж., Кабылда А. И., Далабаев А. Б., Атабаева Б.С. Технологическое исследование зерновой микрофлоры при проращивании зернобобовых и масличных культур в пищевых целях. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 103-111. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Стратегическое развитие агротехнологий с ориентацией на мировые тенденции в подходах к выращиванию и удобрению сельскохозяйственных культур обуславливает необходимость в разработке адаптированных сортовых технологий выращивания, что в итоге обеспечит формирование современной технологической стратегии развития агропромышленного комплекса Казахстана и позволяет гарантировать его продовольственную безопасность в долгосрочной перспективе. На сегодняшний день многие виды зернобобовых культур не утратили своего значения как важные продовольственные культуры и занимают видное место в формировании продовольственных и белковых ресурсов многих стран мира [1, 3, 7, 9].

Уникальные свойства зерна зернобобовых культур открывают чрезвычайно широкие возможности в решении вопросов растительного белка и позволяют использовать их во многих направлениях перерабатывающей отрасли: различные продукты для повседневного, диетического и функционального питания, производство кормов, производство лекарств, косметические средства [6, 8, 10, 15].

На современном этапе в период глобализации мировой экономики производство зернобобовых культур требует гибкого подхода к международной конкурентной борьбе, обеспечения решения проблем продовольственной и экологической безопасности [2, 4, 13, 18]. Зернобобовые культуры имеют большое значение в зерновом и кормовом балансе агроформирований Казахстана. Стратегически Казахстан должен взять курс на уменьшение объемов экспорта сырьевых ресурсов и создание условий для организации углубленной переработки, что будет способствовать удовлетворению потребностей интенсивного животноводства высокобелковыми кормами; созданию дополнительных рабочих мест, увеличению налоговых поступлений; обеспечению продовольственной и экологической безопасности Казахстана [11, 12, 20].

Одной из главных задач аграрного производителя является не только выращивание, но и доведение продукции до определенных кондиций и организация своевременной ее доставки на пункты системы заготовок, а также обеспечение сохранения качества той части, которая остается у производителя. От этого, прежде всего, зависит реализация глобальной задачи АПК по улучшению качества сельскохозяйственной продукции, снижению ее потерь во время послеуборочной обработки и хранения. Отрасли, которые занимаются хранением и переработкой сельскохозяйственной продукции, играют ведущую роль в обеспечении населения продуктами питания, а также в организации экспорта зерна зернобобовых культур, традиционным производителем которых является Казахстан.

Проблема обеспечения и повышения качества белковой растительной продукции актуальна для всех стран и предприятий. От ее решения в значительной степени зависит успех и эффективность национальной экономики. Это является актуальной и важной задачей, решение которой будет значительным вкладом в решении проблемы растительного белка, формирования собственных белковых и зерновых ресурсов, повышения плодородия почвы и укрепления экономики Казахстана.

Материалы и методы. Микробиологическая обсемененность выбранных образцов изучалась на базе лаборатории «Микробиология и биотехнологии» Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности».

Учет общего количества и видового состава бактерий, грибов и дрожжей выращивали на сухом питательном агаре [17].

Состав сухого питательного агара (производство Индия): г/л дистиллированной воды; пептический перевар животной ткани – 5; натрия хлорид – 5; мясной экстракт – 1,50; дрожжевой экстракт – 1,50; агар-агар – 15 рН – 7,4±0,2. Стерилизовали при 1 атм. 15 минут [14].

Структура и численность микроорганизмов комплексного типа были определены методом посевного разведения суспензии в плотных питательных средах. Проводимые исследования базировались на принципе максимальной стерильности, что включает как ношение специальной одежды, так и использование стерильных чашек Петри, автоклава и инструмента. Подобный комплекс реализовывался на каждом этапе выбора объектов в целях проращивания [16].

Для выделения бактерий, ассимилирующих органические формы азота (бациллы) посевной материал высевали на СПА (сухой питательный агар) из разведений 1 : 104. Объем посевного материала – 0,02 мл. Посев суспензии осуществляли в пятикратной повторности. В качестве контроля служила стерильная среда. Культивировали чашки Петри при температуре 28-30 °С в течение 5-6 суток. По окончании термостатирования производили подсчет колоний с учетом разведений [5].

Общую микробную обсемененность рассчитывали по количеству выросших колоний, количество КОЕ в 1 мл определяли по формуле 1 [19]:

$$M = a \cdot 10^n / V, \quad (1)$$

где а – количество выросших колоний; 10^n – разведение; V – посевная доза (0,1 мл).

Морфологические и тинкториальные свойства, которые выделяются у микроорганизмов, отобранных из колоний, исследовали приготовлением препарата. Окрашивание проводили по методу Синева-Грамм-Циля-Нильсена. В дальнейшем проводили микрокопирование.

Результаты и обсуждение. Исследования проводились исходя из поставленных цели и задач. В частности, изучались культуры типа злаковых, зернобобовых, масличных. Основной задачей было определение соответствия требованиям пищевой безопасности и возможности замены традиционных сельскохозяйственных культур. Исследовались микробиологическая обсемененность патогенной микрофлорой, изучались в значительной мере культурально-морфологические признаки в выделяемых штаммах. Базой для приборно-лабораторного и аналитического исследования выступал Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности». Основной научной базой исследования в организации выступала научная лаборатория «Глубокая переработка продуктов растениеводства».

В качестве объектов исследования определена научная продукция отечественных селекционеров, которую можно разделить на три группы:

- злаковые культуры, важные продовольственные культуры;
- зернобобовые культуры, являющиеся ценным источником растительного белка;
- масличные культуры, источник растительных белков и жиров.

Злаковые культуры – ценный источник белково-углеводного комплекса. Принадлежат к различным ботаническим семействам: типичным (пшеница, ячмень, овес, тритикале) и просовидным (рис) хлебным злакам. В качестве объектов исследования были отобраны образцы зерна, прошедшие сортоиспытания и внесенные в реестр отечественных селекционных достижений (таблица 1).

Таблица 1 – Информация об объектах исследования и разработчиках

Table 1 – Information about research objects and developers

№	Культура	Наименование сорта	Оригинатор-разработчик
1	Пшеница мягкая яровая	сорт «Алмакен»	ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»
2	Тритикале	сорт «Азиада»	ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»
3	Ячмень яровой	сорт «КазСуффле-1»	ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»
4	Рис (просяная культура)	сорт «Ай-Керим»	ТОО «КазНИИ рисоводства им. И. Жахаева»

Для анализа зернобобовых культур использовали семена нута, гороха, сои. Все образцы прошли сортоиспытания и внесены в реестры государства как образцы, полученные в ходе селекционных исследований. Выбор культур был обусловлен наличием высокого содержания аминокислот, которые не могут быть заменены аналогами или синтезированными материалами. Также выбор объекта исследования определен тем, что усвояемость выбранных культур выше, чем у аналогов (таблица 2).

Таблица 2 – Информация об объектах исследования и разработчиках

Table 2 – Information about research objects and developers

№	Культура	Наименование сорта	Оригинатор-разработчик
1	Соя	сорт «Ивушка»	ТОО «КазНИИЗиР», ТОО «СХОС «Заречное»
2	Горох	сорт «Ақсары»	ТОО «КазНИИЗиР»
3	Нут	сорт «Сәтті»	ТОО «КазНИИЗиР»

Для исследования готовили смывы. В качестве источников смывов использовали объект исследования. В ряде источников штаммы имели культурально-морфологические признаки и после приготовления смывов на питательные среды реализовывали посев. Образцы, выделенные в ходе подготовки исследования, изучались на СПА – сухой питательной среде. Исследованию подвергались как злаковые, так и зернобобовые и масличные культуры. В качестве изучаемых признаков использованы размер б форма, консистенция и иные признаки морфологии бактерий.

В связи с тем, что масличные культуры представляют собой натуральный источник белков растительного типа и жирных кислот с полиненасыщенным составом, основными культурами для определения являлись подсолнечник, рапс, самфор, лен, селекционно отобранные из отечественных сортов (таблица 3).

Далее изучали микробиологическую обсемененность отобранных проб объектов исследования. Для определения обсемененности семян были использованы следующие разведения 1 : 100, 1 : 1000, 1 : 10 000 (таблица 4).

Таблица 3 - Информация об объектах исследования и разработчиках

Table 3 – Information about research objects and developers

№	Культура	Наименование сорта	Оригинатор-разработчик
1	Подсолнечник	сорт «РАУАН»	ТОО «Костанайский НИИСХ»
2	Лён масличный	сорт «Костанайский»	ТОО «СХОС «ЗАРЕЧНОЕ»
3	Сафлор	сорт «Ника 80»	ТОО «КазНИИЗиР»
4	Яровой рапс	сорт «Гульсары»	ТОО «Костанайский НИИСХ», ТОО «КазНИИЗиР»

Таблица 4 – Поверхностный посев злаковых, зернобобовых, масличных культур на
обсемененность (сухой питательный агар)

Table 4 – Surface sowing of cereals, legumes, oilseeds for seeding (dry nutrient agar)

№	Наименование пробы	Разведение	Количество микроорганизмов
1.	Пшеница мягкая яровая, сорт «Алмакен»	1 : 100	$4 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
2.	Тритикале, сорт «Азиада»	1 : 100	$109 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	$44 \cdot 10^{-3}$
		1 : 10 000	$2 \cdot 10^{-4}$
3.	Рис, сорт «Ай-Керим»	1 : 100	$6 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
4.	Ячмень яровой, сорт «КазСуффле-1»	1 : 100	$15 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	$3 \cdot 10^{-3}$
		1 : 10 000	Не обнаружено
5.	Соя, сорт «Ивушка»	1 : 100	Не обнаружено
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
6.	Горох, сорт «Ақсары»	1 : 100	Не обнаружено
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
7.	Нут, сорт «Сәтті»	1 : 100	Не обнаружено
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
8.	Подсолнечник, сорт «РАУАН»	1 : 100	Не обнаружено
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
9.	Лён масличный, сорт «Костанайский»	1 : 100	$17 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	$5 \cdot 10^{-3}$
		1 : 10 000	Не обнаружено
10.	Сафлор сорт, «Ника 80»	1 : 100	$3 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	Не обнаружено
		1 : 10 000	Не обнаружено
11.	Яровой рапс, сорт «Гульсары»	1 : 100	$1 \cdot 10^{-2}$
		1 : 1 000	$2 \cdot 10^{-3}$
		1 : 10 000	Не обнаружено

Анализ результатов, представленных в таблице, показал отсутствие микробиологической обсемененности на зерне сои, гороха, нута, подсолнечника. Незначительные значения количества микроорганизмов установлены в пределах разведения 1 : 100 на поверхности зерна злаковых культур: пшеницы – $4 \cdot 10^{-2}$; тритикале – $109 \cdot 10^{-2}$; риса

– $6 \cdot 10^{-2}$; ячменя – $15 \cdot 10^{-2}$. На поверхности семян масличных культур количество микроорганизмов составило (при 1 : 100): лён – $17 \cdot 10^{-2}$; сафлор – $3 \cdot 10^{-2}$; рапс – $1 \cdot 10^{-2}$. Также в результате микробиологического посева (при 1 : 1000) установлено развитие микроорганизмов на поверхности тритикале до $44 \cdot 10^{-3}$; ячменя – $3 \cdot 10^{-3}$. При увеличении значений до 1 : 10 000 рост колоний микроорганизмов установлен только у проб зерна тритикале и составил $2 \cdot 10^{-4}$.

Далее изучали изменение численности микроорганизмов в результате проращивания объектов исследования, обработанных 1 % перманганата калия на 1, 3, 5 и 7-е сутки. Данные по изучению динамики численности микроорганизмов эксперимента представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Поверхностный посев зерновых, зернобобовых, масличных культур на обсемененность (сухой питательный агар) КОЕ/мл

Table 5 – Surface sowing of cereals, legumes, oilseeds for seeding (dry nutrient agar) CFU/ml

Название проб	Сутки проращивания при обработке 1% перманганата калия			
	1 сутки	3 сутки	5 сутки	7 сутки
1. Пшеница мягкая яровая, сорт «Алмакен»	$1,01 \pm 0,13 \times 10^3$	$2,55 \pm 1,83 \times 10^3$	$1,26 \pm 1,84 \times 10^3$	$1,01 \pm 1 \times 10^8$
2. Тритикале, сорт «Азиада»	$2,01 \pm 0,13 \times 10^5$	$2,55 \pm 1,83 \times 10^3$	$1,46 \pm 1,84 \times 10^3$	$1,01 \pm 1 \times 10^4$
3. Рис, сорт «Ай-Керим»	$1,85 \pm 0,24 \times 10^5$	$2,0 \pm 0,99 \times 10^3$	$1,46 \pm 0,89 \times 10^3$	$1,21 \pm 0,81 \times 10^3$
4. Ячмень яровой, сорт «КазСуффле-1»	$1,75 \pm 0,39 \times 10^5$	$1,83 \pm 0,98 \times 10^3$	$1,72 \pm 2,97 \times 10^3$	$1,89 \pm 0,25 \times 10^3$
5. Соя, сорт «Ивушка»	$1,23 \pm 0,43 \times 10^4$	$1,65 \pm 2,13 \times 10^3$	$2,08 \pm 1,69 \times 10^3$	$1,11 \pm 0,35 \times 10^3$
6. Горох, сорт «Аксары»	$1,03 \pm 0,28 \times 10^4$	$2,2 \pm 1,54 \times 10^2$	$1,95 \pm 2,67 \times 10^3$	$1,06 \pm 0,17 \times 10^4$
7. Нут, сорт «Сәтті»	$2,08 \pm 0,19 \times 10^2$	$1,8 \pm 0,75 \times 10^4$	$1,85 \pm 1,08 \times 10^4$	$1,11 \pm 0,98 \times 10^4$
8. Подсолнечник, сорт «РАУАН»	$1,83 \pm 1,17 \times 10^1$	$2,01 \pm 0,82 \times 10^3$	$2,35 \pm 1,64 \times 10^4$	$1,12 \pm 1,48 \times 10^4$
9. Лён масличный, сорт «Костанайский»	$1,26 \pm 0,39 \times 10^1$	$2,21 \pm 0,35 \times 10^2$	$2,93 \pm 0,35 \times 10^4$	$2,16 \pm 1,47 \times 10^4$
10. Сафлор сорт, «Ника 80»	$2,08 \pm 0,43 \times 10^3$	$1,75 \pm 2,13 \times 10^3$	$2,48 \pm 1,69 \times 10^4$	$1,96 \pm 0,35 \times 10^4$
11. Яровой рапс, сорт «Гульсары»	$1,91 \pm 0,29 \times 10^3$	$1,83 \pm 0,98 \times 10^3$	$1,32 \pm 2,97 \times 10^4$	$1,09 \pm 0,25 \times 10^4$

Как видно из таблицы 5, при обработке концентрация перманганата калия 1 %. Динамика роста микроорганизмов при увеличении сроков проращивания объектов исследования показала, что уже на 1-е сутки титр клеток в пробах № 2, 7 и 8 увеличивается на 1 порядок, в варианте № 3, 4, 5, 9 и 10 титр клеток снижается на 1 порядок, в варианте 6 и 11 численность клеток снижается на 2 порядка. На 3-и и 5-е сутки проращивания наблюдали, что численность клеток микроорганизмов сохраняется на первоначальном уровне. Также определение титра клеток на 7-е сутки культивирования нами было выявлено, что в модельном эксперименте титр клеток у микроорганизмов снизился на 1-2 порядка по сравнению с исходным показателем. Также содержание 1 % раствора оказалось эффективнее. Поэтому дальнейшие испытания и практическое использование перманганата калия 1% для обработки семян перед посевом следует вести с применением 1 %-ой концентрации активного вещества.

Выводы. Проведенные исследования позволяют выявить особенности порчи зерна премиум и стандартного качества при неправильном хранении. Технологические нарушения при хранении зерна могут отражаться не только на потребительском его качестве, но также и привести к порче и полному исчезновению. Установлено, что основным загрязнителем зерна и источниками патогенных явлений выступает микрофлора, которая присутствует в зерне и при помещении в условия, которые способствуют размножению микрофлоры. В этой связи проводился анализ, который показал, что из об-

разцов культур злаковых, зернобобовых и масличных основными представителями микрофлоры являются бактерии. Более подробное анализирование бактерий показало, что окраска бактерий представляет собой преимущественно бледную окраску красного спектра. Форма бактерий определяется как неровная и предрасположенная к более яркому выражению неравномерности. Пределы колоний бактерий составлял диапазон от $25,5 \pm 0,7$ мм до $71,5 \pm 2,1$ мм. Микроорганизмы были представлены как грамположительными, так и грамотрицательными бактериями. Более правильную форму имели бактерии, которые были выделены из веществ углистого типа. В данном случае при размере колонии бактерий от $4,5 \pm 0,7$ мм до $31,7 \pm 2,1$ мм форма и профиль отличаются более прозрачным и ровным краем, а также более четко выраженной структурой.

Библиографический список

1. Бережная О. В., Дубцов Г. Г., Войно Л. И. Проростки пшеницы - ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 26-29.
2. Гомбоева С. В. Воздействия низкотемпературной плазмы на продукты растительного происхождения // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3. С. 129-134.
3. Дубцов Г. Г., Бережная О. В., Войно Л. И. Проростки пшеницы - ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 26-29.
4. Зенькова М. Л. Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 58-68.
5. Марьин А. А., Коломиец Н. Э. Лекарственные растения и биологически активные вещества противомикробного действия // Фундаментальная и клиническая медицина. 2017. Т. 2. № 4. С. 45-55.
6. Мельникова Л.А., Заболоцкая Т.А. Основы микробиологии. Минск: БГУ, 2017. 91 с.
7. Науменко Н. В., Ботвинникова В. В. Исследование рисков контаминации зерновых культур микотоксинами токсигенных плесеней // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 74-81.
8. Павлюк А. Н. Выбор способа обеззараживания зернового сырья при получении проростков пшеницы // Новости науки в АПК. 2019. Т. 12. № 3. С. 59-63.
9. Сапунова Л.И. Оценка микробиологических показателей семян пшеницы и гороха белорусской селекции // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник научных трудов. Минск, 2017. С. 239-247.
10. Сафронова Т. Н., Казина В. В., Сафронова К. В. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 37-43.
11. Danilčenko H. Reduced microbiological contamination following irrigation of germinated seed for foods // Czech Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 36. Issue 2. Pp. 139-145.
12. Khapre A. P., Deshpande H. W., Katke S. D. A review on microbial contamination of Cereal grains // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. Issue 3. Pp. 1829-1832.
13. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. Issue 6. Pp. 1484-1493.
14. Lukseviciute V., Luksiene Z. Inactivation of molds on the surface of wheat sprouts by chlorophyllin-chitosan coating in the presence of visible LED-based light // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2020. Vol. 202. Issue 1. Pp. 243-234.
15. Mardar M. Microbiota of instant cereals and its change during storage // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13. Issue 1. Pp. 114-121.
16. Pakfetrat S. The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat // Food Chemistry. 2020. Vol. 332. Issue 3. Pp. 604-607.
17. Pandiselvam R. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety // Ozone: Science and Engineering. 2019. Vol. 41. Issue 1. Pp. 17-34.

18. Park H., Puligundla P., Mok C. Cold plasma decontamination of brown rice: Impact on biochemical and sensory qualities of their corresponding seedlings and aqueous tea infusions // LWT. 2020. Vol. 131. Issue 1. Pp. 98-102.

19. Sizova N. V. Kinetic determination of vitamin E in wheat germ oil // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2016. Vol. 42. Issue 7. Pp. 752-755.

20. Suvorov O. A. Antibacterial effect of colloidal solutions of silver nanoparticles on microorganisms of cereal crops // Foods and Raw Materials. 2017. Vol. 5. Issue 1. Pp. 100-107.

Информация об авторах

Муслимов Нуржан Жумартович, доктор технических наук, член-корр. АСХН, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (050060, Республика Казахстан, Западно-Казахстанская область, г. Алматы, ул. пр. Гагарина, 238 «Г», e-mail: n.muslimov@inbox.ru

Кабылда Анар Идашовна, кандидат сельскохозяйственных наук, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: anara121579@gmail.com

Далабаев Асхат Болатулы, магистр техники и технологии, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Атабаева Бекзат Сайлаубаевна, специалист, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: bekzat.82@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-13

THE EFFECT OF BIOSTIMULANTS ON SOLANUM TUBEROSUM L. OF THE «KAVALER» VARIETY IN ARID CONDITIONS OF THE ORENBURG CIS-URALS

A. A. Mushinskiy¹, A. Zh. Saudabaeva¹, S. D. Fomin², T. N. Vasilieva¹

¹Federal Scientific Centre for Biological Systems and Agricultural Technologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 10.07.2022

Submitted 25.08.2022

The research was carried out by financing search topics within the framework of the comprehensive research plan "Development of potato breeding and seed production" for 2019-2025.

Abstract

Introduction. Dry and hot weather is an abiotic stress that significantly reduces yields in arid regions, which include the Orenburg Cis-Urals. Moisture deficiency adversely affects all crops. Modern crop cultivation involves the use of intensive technologies that increase resistance to abiotic stresses in order to obtain high yields. Many scientists have obtained data on the positive effect of biostimulants on the activation of biochemical processes in plants, the germination and vigor of seed germination, and plant productivity. Biostimulants affect the habitus of plants, metabolism, and also enhance the ability to withstand the negative effects of stress factors of various nature. The result of the use of biostimulants depends on many aspects: composition, dosage, method and time of application, etc. The article presents the results of studying the effect of biostimulants Fitosporin-M, Zh(AS) + amino acids and Bionex-Kemi, Zh, (NPK 21:4:4) + ME on potato productivity. As a result of the research, a positive effect of biostimulants on the growth and accumulation of underground biomass of *Solanum tuberosum* L. variety Kavalier was obtained. **Object.** *Solanum tuberosum* L. grade "Kavalier". **Materials and methods.** The article presents the results of studying the effect of biostimulants Fitosporin-M, Zh(AS) + amino acids and Bionex-Kemi, Zh, (NPK 21:4:4) + ME on potato productivity. As a result of the research, a positive effect of biostimulants on the growth and accumulation of underground biomass of *Solanum tuberosum*

L. of the Kavalier variety was obtained. **Results and conclusions.** As a result of the experiments, a positive effect of the studied biological preparations on morphometric parameters and starch content in potato tubers was established, which affected the increase in yield. Chemical analysis of the starch content in *Solanum tuberosum L.* tubers showed that when plants are treated with Bionex-Kemi, Zh, NPK 21:4:4 + ME, the amount of this parameter increases by 1,3 % and when plants are treated with Fitosporin- (M, Zh (AC) + amino acids) by 0,9 % compared with the control. The accumulation of underground potato biomass was more intense when using Bionex-Kemi, G, (NPK 21:4:4) + ME. For the cultivation of potatoes in the conditions of the Orenburg Cis-Urals, it is recommended to use the biostimulant Bionex-Kemi, Zh, NPK 21:4:4+ME bioactivated nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer, which stimulates plant growth and the accumulation of underground biomass.

Keywords: potatoes, productivity, marketability, plant morphology.

Citation. Mushinsky A. A., Saudabaeva A. Zh., Fomin S. D., Vasilyeva T. N. The effect of biostimulants on *Solanum tuberosum L.* variety "Kavalier" in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 111-117 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-13.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 635.21:631.527(470.56)

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА *SOLANUM TUBEROSUM L.* СОРТА «КАВАЛЕР» В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

А. А. Мушинский¹, доктор сельскохозяйственных наук

А. Ж. Саудабаева¹, кандидат биологических наук

С. Д. Фомин², доктор технических наук

Т. Н. Васильева¹, кандидат биологических наук

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем агротехнологий
Российской академии наук», г. Оренбург, Россия

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.07.2022

Дата принятия к печати 25.08.2022

**Исследования проводились за счет финансирования поисковых тем
в рамках комплексного плана научных исследований
"Развитие селекции и семеноводства картофеля" на 2019-2025 гг.**

Актуальность. Картофель – один из самых важных в мире источников продовольствия, корма и технического сырья. Проблема сухой и жаркой погоды является абиотическим стрессом, значительно снижающим урожайность картофеля в засушливых районах, к которым относятся Оренбургское Предуралье. Дефицит влаги пагубно влияет на все сельскохозяйственные культуры. Современное возделывание сельскохозяйственных культур предусматривает применение интенсивных технологий, повышающих устойчивость к абиотическим стрессам, для получения высоких показателей урожайности. Многими учеными были получены данные о положительном влиянии биостимуляторов на активацию биохимических процессов растений, всхожесть и энергию прорастания семян, продуктивность растений. Биостимуляторы влияют на габитус растений, метаболизм, а также усиливают способность противостоять негативному воздействию стрессовых факторов различной природы. Результат применения биостимуляторов зависит от многих аспектов: состав, дозировка, способ, время применения и т.д. **Объект.** *Solanum tuberosum L.* сорт «Кавалер». **Материалы и методы.** В статье представлены результа-

ты по изучению влияния биостимуляторов Фитоспорина-М, Ж(АС)+аминокислоты и Бионекс-Кеми, Ж, (NPK 21:4:4)+МЭ на показатели продуктивности картофеля. В результате исследований получено положительное влияние биостимуляторов на показатели роста и накопления подземной биомассы *Solanum tuberosum* L сорта «Кавалер». **Результаты и выводы.** В результате проведенных опытов установлено положительное влияние изучаемых биопрепаратов на морфометрические показатели и содержание крахмала в клубнях картофеля, что повлияло на повышение урожайности. Химический анализ содержания крахмала в клубнях *Solanum tuberosum* L. показал, что при обработке растений Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ количество данного параметра увеличивается на 1,3 % и при обработке растений Фитоспорин- (М, Ж (АС) +аминокислоты) на 0,9 % по сравнению с контролем. Накопление подземной биомассы картофеля было более интенсивным при применении Бионекс-Кеми, Ж, (NPK 21:4:4)+МЭ. Для возделывания картофеля в условиях Оренбургского Предуралья рекомендуется использовать биостимулятор Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ – биоактивированное азотно-фосфорно-калийное удобрение, которое стимулирует рост растений и накопление подземной биомассы.

Ключевые слова: сорта картофеля, урожайность картофеля, товарность картофеля, морфология растений.

Цитирование. Мушинский А. А., Саудабаева А. Ж., Фомин С. Д., Васильева Т. Н. Влияние биостимуляторов на *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» в засушливых условиях Оренбургского Предуралья. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 111-117. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-13.

Авторский вклад. Авторский коллектив принимал непосредственное участие в планировании, закладке, проведении опытного эксперимента и обработке результатов исследований. Все авторы настоящей статьи ознакомлены с ее содержанием и одобрили окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время особый интерес представляет применение биостимуляторов. По данным ФАО, термин «биостимулятор» определяется как «продукт, который активирует процессы фотосинтеза, роста, метаболизма с целью стимуляции одного или нескольких факторов: эффективности усвоения питательных веществ растениями; устойчивости растений к абиотическим стрессам; преобладание качественных признаков культур» [2, 4, 6].

Использование в растениеводстве удобрений, пестицидов ухудшает экологическую ситуацию в регионе, и поэтому в настоящее время особое внимание при возделывании сельскохозяйственных растений необходимо уделять применению биостимуляторов нового поколения на основе микроэлементов и фитостимуляторов с целью стимуляции вегетационного периода, продукционных процессов [1, 5, 9]. Следует отметить, что использование биопрепаратов может способствовать сокращению применения удобрений в сельском хозяйстве до 50 %. Применение гуминовых кислот, содержащихся в биостимуляторах, положительно влияет на физико-химические свойства почвы, влияют на ее структуру и обеспечивают более подходящую среду для роста и развития растений, а также снижают объемы использования химических удобрений и пестицидов в почвах [11]. Биостимуляторы на основе микроорганизмов часто обладают фунгицидными свойствами, то есть подавляют развитие патогенной микрофлоры [8, 10]. Положительное влияние биостимуляторов прослеживается в увеличении содержания фотосинтетических пигментов и повышении устойчивости к стресс-факторам, в частности к засухе [7, 12].

Цель исследования. Изучение влияния биостимуляторов на *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер».

Задачи исследования: исследовать морфометрические показатели *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер»; проанализировать химический состав клубней картофеля на содержание крахмала; изучить влияние биостимуляторов на количество и вес подземной фитомассы картофеля.

Материалы и методы. Объект исследования. *Solanum tuberosum* L. сорт «Кавалер».

Схема эксперимента. Исследования проводили на орошаемом участке КФХ «Хомутский В.И.», в окрестностях с. Кубанка 52°17'52" с. ш. 54°27'23" в. д. Переволоцкого района, Оренбургской области с использованием методики полевого опыта [3]. Предшественник – пар черный.

Применение биопрепаратов осуществлялось на опытных делянках с помощью ранцевых опрыскивателей в 3-х кратной повторности. Площадь делянки составила 140 м², учётная площадь – 70 м² (длина 50 м, ширина 1,4 м). Расположение вариантов в повторении систематическое. В контрольных вариантах обработку проводили водой (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Experience Scheme

Вариант / Variant	Норма расхода препарата / The consumption rate of the drug
Контроль / Control	Вода / Water
Фитоспорин- М, Ж (АС) + аминокислоты) / Fitosporin- M, G (AS) +amino acids)	Предпосевная обработка клубней (доза 1 л/т) / Presowing treatment of tubers (dose 1 l/t). Опрыскивание в фазе бутонизации, 1 л/га / Spraying in the budding phase, 1 l/ha
Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ / Bionex-Kemi, G, NPK 21:4:4+ME	Некорневая подкормка в дозе 3 л/га в фазе Бутонизации / Foliar top dressing at a dose of 3 l/ha in the phase budding

Высоту растений определяли путём промеров 10 растений в двух несмежных повторениях. Учёт клубней проводился на площадках 0,25 м² в 4-кратной повторности.

Оборудование и технические средства. Посадку картофеля проводили в полугребни картофелесажалкой GRIMME с одновременным протравливанием клубней. Поливы проводили дождевальную машиной ДМ-100 «Фрегат» от 6 до 9 раз в зависимости от погодных условий. Все агротехнические приемы соответствовали зоне возделывания.

Лабораторные исследования по определению количественного содержания крахмала в клубнях картофеля проводили в соответствии с ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества (с Изменениями N 1, 2, 3)».

Для определения структуры и товарности урожая проводили предуборочную выкопку клубней, распределяли их по фракциям (ГОСТ 26545–85).

Статистическая обработка. Статистический анализ результатов проводился при помощи пакета статистических программ «Statistica 10,0» (Stat Soft Inc.) США).

Результаты и обсуждение. В результате обработки биостимуляторами надземных частей картофеля в различные фазы вегетации выявили положительное воздействие препаратов нового поколения на растения (таблица 2, рисунок 1). Влияние биопрепаратов на морфометрические показатели в фазу бутонизации и цветения незначительно различались в разных вариантах обработки.

Таблица 2 – Индикаторные показатели растений в различные фенологические фазы

Table 2 – Indicator indicators of plants in various phenological phases

Вариант опытов / Experiment option	Высота растений в фенологические фазы, см / Plant height in phenological phases, cm	
	бутонизация / budding	цветение / bloom
Контроль / Control	42,1±0,43	43,2±0,76
Фитоспорин- М, Ж (АС) + аминокислоты) / Fitosporin- M, G (AS) +amino acids)	43,3±0,51	45,8±0,32
Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ / Bionex-Kemi, G, NPK 21:4:4+ME	43,1±0,45	45,5±0,43

Данные лабораторного исследования крахмала в клубнях *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» показали, что некорневая обработка надземных частей картофеля разными составами биопрепаратов повышала крахмалистость клубней в отличие от контроля (таблица 3).

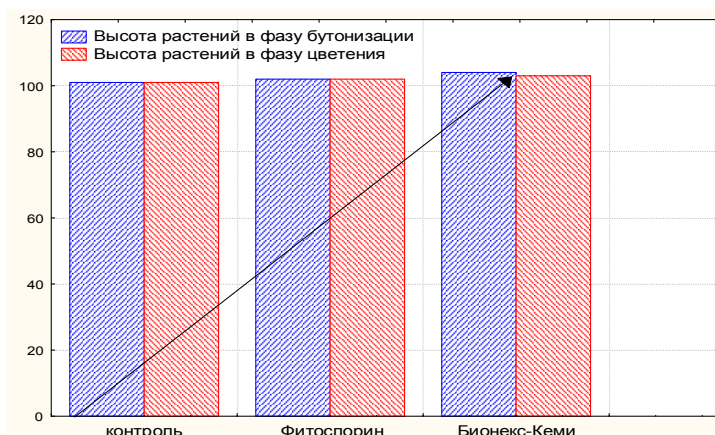


Рисунок 1 – Высота наземной части *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» в результате опытов

Figure 1 – The height of the ground part of *Solanum tuberosum* L. variety "Kavaler" as a result of experiments

Лучший эффект и большее содержание крахмала в клубнях картофеля было после обработки растений биостимулятором Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ (таблица 3).

Таблица 3 – Структура урожая и содержание крахмала в клубнях *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» (средние значения)

Table 3 – Yield structure and starch content in tubers of *Solanum tuberosum* L. variety "Kavaler" (mean values)

Варианты опытов / Experiment options	Масса всех клубней / Weight of all tubers, кг/количество, шт. с учетной площадки / quantity, pcs. from the accounting platform	Крахмал / Starch, %	Фракция / Fraction					
			товарная / commodity		семенная / small		мелкая / seed	
			Количество шт. / number of pcs	масса, кг / weight, kg	Количество шт. / number of pcs	масса, кг / weight, kg	Количество шт. / number of pcs	масса, кг / weight, kg
Контроль / Control	1,50/20	11,8	13	1,25	3	0,20	4	0,05
Фитоспорин- (М, Ж (АС) + аминокислоты) / Fitosporin- M, G (AS) +amino acids)	1,85/24	12,7	20	1,73	2	0,10	2	0,02
Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ / Bionex-Kemi, G, NPK 21:4:4+ME	1,97/27	13,1	23	1,82	3	0,14	1	0,01

Анализ структуры урожая растений продемонстрировал, что наилучшие качественные показатели и товарные характеристики клубней картофеля были в результате обработки растений раствором Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ.

Биостимуляторы воздействуют на развитие *Solanum tuberosum* L.: на фотосинтез, рост надземной фитомассы и урожайность. Высота надземной фитомассы *Solanum tuberosum* L. является одним из морфологических индикаторов. В результате обработки растений разными биостимуляторами выявили различия в морфометрических показателях вегетативных частей растений. Так, при применении Фитоспорина-М, Ж (АС)+аминокислоты и Бионекс-Кеми Ж, (NPK 21:4:4)+МЭ в фазе бутонизации отмечено увеличение высоты растений на 3 % и 2,5 % соответственно по сравнению с контролем. При внесении Фитоспорин- (М, Ж (АС) + аминокислоты) и Бионекс-Кеми Ж, (NPK 21:4:4)+МЭ в следующую фенологическую фазу (цветение) *Solanum tuberosum* L. увеличился рост надземных частей на 2,5 и 2,3 % по сравнению с контрольным вариантом. Высота растений является генетически детерминированным признаком, но под действием различной технологии возделывания она может варьировать (таблица 2).

Лабораторные исследования химического состава клубней *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» на содержание крахмала в клубнях показали, что при обработке растений Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ его количество в клубнях увеличивается на 1,3 % и при обработке растений Фитоспорин - (М, Ж (АС) +аминокислоты) на 0,9 % по сравнению с контролем (таблица 3). По данным распределения клубней по фракциям наибольший выход товарных клубней (41,3 %) был в варианте при обработке Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ, по сравнению с контрольным вариантом. Обработка растений смесью стимуляторов Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ продемонстрировала, что доля товарных клубней составила 35,71 %, тогда как на контрольный вариант пришлось 23 % от общего количества клубней картофеля.

Таким образом, некорневая обработка картофеля биостимуляторами нового поколения положительно повлияла на морфометрические показатели, на накопление крахмала в клубнях картофеля, на количество и вес клубней во всех вариантах опыта по сравнению с контролем.

Выводы. В результате foliarной обработки биостимуляторами на исследуемые растения *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» наблюдался положительный эффект. По эффективности влияния различных биопрепаратов на морфометрические показатели (высоту растений) отличия были незначительные. Данные лабораторного исследования содержания крахмала в клубнях *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» показали, что foliarная обработка картофеля разными составами биопрепаратов повышала крахмалистость клубней в отличие от контроля. Химический анализ содержания крахмала в клубнях *Solanum tuberosum* L. сорта «Кавалер» показал, что при обработке растений Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ его количество увеличивается на 1,3 % и при обработке растений Фитоспорин - (М, Ж (АС) +аминокислоты) на 0,9 % по сравнению с контролем. При обработке растений Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ доля товарных клубней – 41,3 %, при обработке стимулятором Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ – 35,71 %, на контрольном участке доля товарных клубней – 23 % от общего количества. Некорневая обработка картофеля биостимуляторами нового поколения положительно повлияла на морфометрические показатели, на накопление крахмала в клубнях картофеля, на количество и вес клубней во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Для возделывания картофеля в условиях Оренбургского Предуралья рекомендуется использовать биостимулятор Бионекс-Кеми, Ж, NPK 21:4:4+МЭ биоактивированное азотно-фосфорно-калийное удобрение, которое стимулирует рост растений и накопление подземной биомассы.

Библиографический список

1. Амелюшкина Т. А. Эффективность применения различных доз удобрений и биологически активного вещества Агростимул на раннем картофеле // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 22-25.
2. Володина И. А. Изучение влияния биостимуляторов на продуктивность люцерны изменчивой // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11(1). С. 175-180.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351с.
4. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Влияние внекорневых подкормок на урожайные качества зерна кукурузы // *Аграрная Россия*. 2019. № 6. С. 13-16.
5. Корягин Ю. В., Иванов А. И., Корягина Н. В. Влияние биологических препаратов группы ризоторфина на посевные качества гороха // *Нива Поволжья*. 2016. № 3 (40). С. 18-25.
6. Кружилин И. П., Мушинский А. А., Несват А. П. Совершенствование основных агроприемов возделывания картофеля при орошении в степной зоне южного Урала // *Аграрная Россия*. 2012. № 5. С. 2-5.
7. Перченко Н. А., Сергеева О. Н. Влияние препарата Турмакс на минеральное питание картофеля // *Аграрная Россия*. 2021. № 5. С. 31-36.
8. Фитосанитарное состояние посадок картофеля в условиях органического земледелия Германии / А. Ф. Разин, В. И. Леунов, В. Д. Полин, А. А. Ананьев, О. А. Разин, Т. Н. Сурихина // *Аграрная Россия*. 2021. № 5. С. 3-10.
9. Широков Ю. А., Смирнов Г. Н., Рыжкова Н. С. Кавитация в технологии производства бионутриентов // *Аграрная Россия*. 2017. № 1. С. 32-35.
10. Яхин О. И., Лубянов А. А., Яхин И. А. К вопросу о нормативно-правовом регулировании биостимуляторов // *Агрохимия*. 2020. № 9. С. 87-96.
11. Compositional and functional features of humic acid-like fractions from vermicomposting of sewage sludge and cow dung / X. Li, M. Xing, J. Yang, Z. Huang // *Journal of Hazardous Materials*. 2011. V. 185 (1-2). P. 740-748.
12. Influence of furostanol glycosides treatments on strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) growth and photosynthetic characteristics under drought condition / R.-P. Caulet, G. Gradinariu, D. Iurea, A. Morariu // *Scientia Horticulturae*. 2014. V. 169. P. 179-188.

Информация об авторах

Мушинский Александр Алексеевич, д.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом картофелеводства, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail. san2127@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-3761-1836>

Саудабаева Алия Жонысовна, кандидат биол. наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail. aleka_87@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5274-8657>

Фомин Сергей Денисович, д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Центра наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Васильева Татьяна Николаевна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, учёный секретарь, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail. vtn1972@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5469-3952>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-14

EFFICIENCY OF APPLICATION OF FOLIAR FERTILIZERS OF ONION UNDER DRIP IRRIGATION ON CHESTNUT SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

N.Yu. Petrov¹, O.V. Kalmykova¹, E.V. Kalmykova², H.A. Voronin³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

³*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 18.04.2022

Submitted 12.07.2022

Abstract

Introduction. One of the elements of the technology aimed at increasing the yield of agricultural products in conditions of food independence is foliar top dressing. This agro-reception is the most relevant and environmentally safe event for the introduction of nutrients during critical periods of

plant growth and development, especially in irrigation conditions. This article analyzes the level of productivity of onions when using nitrogen foliar fertilizing in various concentrations of ammonium nitrate (0,5%; 1,0; 1,5; 2,0%) and carbamide (2,0%; 4,0; 6,0; 8,0%). The purpose of these studies is to substantiate the level of yield and quality of onions, depending on the use of non-root fertilizing on plants under irrigation conditions on chestnut soils of the Lower Volga region. **Object.** The object was plants of the onion hybrid Margit F₁. **Materials and methods.** The research was carried out in the period 2016-2018 on the experimental fields of I.E. Kazachenko S.V., located in the Gorodishchensky district of the Volgograd region. Foliar top dressing was applied on two background plots: on the background without fertilization and with the main application of mineral fertilizers with a dose of N₁₆₀P₈₅K₈₅ in the form of three-fold treatment in phases 2-3 leaf, 4-5 leaf, 6-7 leaf. **Results and conclusions.** As a result, experimental data were obtained, which showed that the use of non-root fertilizing on onion plants contributed to an increase in yield. In all variants of the experiment, excess over control was noted. The most effective was the effect of the use of leaf fertilizing on the background of mineral fertilizers N₁₆₀P₈₅K₈₅, where the highest yield was observed at the level of 20.1% on the NH₄NO₃ variant (0.5%) to 59.1% on the CO(NH₂)₂ variant (8.0%). The highest yield against the background of N₁₆₀P₈₅K₈₅ when using ammonium nitrate at a concentration of 2.0% was 91.6 t/hectare, showing an excess over the control without fertilizers by 44.4 t/hectare and against the background of N₁₆₀P₈₅K₈₅ - 7.8 t/hectare, and when using carbamide at a concentration of 8.0% - 100.1 t/hectare, showing an excess over the control without fertilizers by 52.9 t/ha, and against the background of N₁₆₀P₈₅K₈₅ - 16.3 t/hectare. The relevance and effectiveness of the use of a promising and low-cost element of technology in irrigation is proved: leaf fertilizing with nitrogen fertilizers to obtain environmentally safe products.

Key words: onion, non-root top dressing, yield, nitrogen fertilizers, drip irrigation.

Citation. Petrov N.Yu., Kalmykova O.V., Kalmykova E.V., Voronin H.A. Efficiency of application of foliar fertilizers of onion under drip irrigation on chestnut soils of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 117-125 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-14.

Author's contribution. The authors of this study participated in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of the study approved the final version presented.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.
УДК 635.25:631.8:631.674.6

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ЛУКА РЕПЧАТОГО ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Н. Ю. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
О. В. Калмыкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е. В. Калмыкова², доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Г. А. Воронин³

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук, г. Волгоград

³ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 18.04.2022

Дата принятия к печати 12.07.2022

Актуальность. Одним из элементов технологии, направленной на повышение урожайности сельскохозяйственной продукции в условиях продовольственной независимости, являются некорневые подкормки. Данный агроприем – наиболее актуальное и экологически безопасное мероприятие для внесения питательных элементов в критические периоды роста и развития растений, особенно в условиях орошения. В данной статье проанализирован уровень продуктивности лука

репчатого при применении азотных некорневых подкормок в различных концентрациях аммиачной селитрой (0,5 %; 1,0; 1,5; 2,0 %) и карбамидом (2,0%; 4,0; 6,0; 8,0 %). Цель данных исследований – обосновать уровень урожайности и качество лука репчатого в зависимости от применения некорневых подкормок на растениях в условиях орошения на каштановых почвах Нижнего Поволжья. **Объект.** Гибрид лука репчатого Маргит F₁. **Материалы и методы.** Исследования проводились в период 2016-2018 гг. на опытных полях ИП Казаченко С.В., расположенных в Городищенском районе Волгоградской области. Некорневые подкормки применяли на двух фоновых участках: на фоне без внесения удобрений и с основным внесением минеральных удобрений дозой N₁₆₀P₈₅K₈₅ в виде трехкратной обработки в фазы 2-3 лист, 4-5 лист, 6-7 лист. **Результаты и выводы.** В результате были получены экспериментальные данные, которые показали, что использование некорневых подкормок на растениях лука репчатого способствовало увеличению урожайности. Во всех вариантах опыта было отмечено превышение над контролем. Наиболее эффективным было влияние применения листовых подкормок на фоне минеральных удобрений N₁₆₀P₈₅K₈₅, где наибольшая урожайность отмечалась на уровне от 20,1 % на варианте NH₄NO₃ (0,5 %) до 59,1 % на варианте CO(NH₂)₂ (8,0 %). Наибольшая урожайность на фоне N₁₆₀P₈₅K₈₅ при применении аммиачной селитры в концентрации 2,0 % составила 91,6 т/га, показав превышение над контролем без удобрений на 44,4 т/га и на фоне N₁₆₀P₈₅K₈₅ – 7,8 т/га, а при применении карбамида при концентрации 8,0% – 100,1 т/га, показав превышение над контролем без удобрений на 52,9 т/га, а на фоне N₁₆₀P₈₅K₈₅ – 16,3 т/га. Доказана актуальность и эффективность применения перспективного и малозатратного элемента технологии при орошении: листовых подкормок азотными удобрениями для получения экологически безопасной продукции.

Ключевые слова: лук репчатый, некорневые подкормки лука репчатого, урожайность лука репчатого, азотные удобрения, капельное орошение лука репчатого.

Цитирование. Петров Н. Ю., Калмыкова О. В., Калмыкова Е. В., Воронин Г. А. Эффективность применения некорневых подкормок лука репчатого при капельном орошении на каштановых почвах Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 117-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-14.

Авторский вклад. Авторы этого исследования участвовали в планировании, выполнении и анализе этого исследования. Все авторы исследования одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Волгоградская область – один из крупнейших регионов на юге нашей страны. Географическое расположение данного региона Российской Федерации служит источником уникальных тепловых энергий, а нахождение между реками Волга и Дон определяет достаточную степень обеспечения сельского хозяйства области водными ресурсами. Природная среда Волго-Донского междуречья сформирована на базе исторически сложившейся естественной экологической системы, но под значительным воздействием современной искусственной агробиологической системы [7]. Эти ресурсы открывают огромные возможности для производства овощей и овощных продуктов. Среди овощных растений одно из главных мест принадлежит репчатому луку. Как пищевая культура лук ценен содержанием витаминов A₁, B₁, B₂, C, PP, фитонцидов и эфирных масел [1, 2].

Для получения высоких и устойчивых урожаев лука особое значение имеют научно обоснованное применение системы удобрений, режим капельного орошения, а также учет степени адаптивности сортов и гибридов к климатическим условиям [8].

В 2020 году посевные площади лука репчатого в России составили 60,6 тыс. га, что на 1,9 % (на 1,1 тыс. га) больше, чем в 2019 году, но на 9,7 % меньше, чем в 2015 году. В 2021 году прослеживалась тенденция к снижению этого показателя в промышленном секторе подотрасли овощеводства на 3,4 тыс. га по отношению к 2020 году, что составляет 12,9 % (рисунок 1).

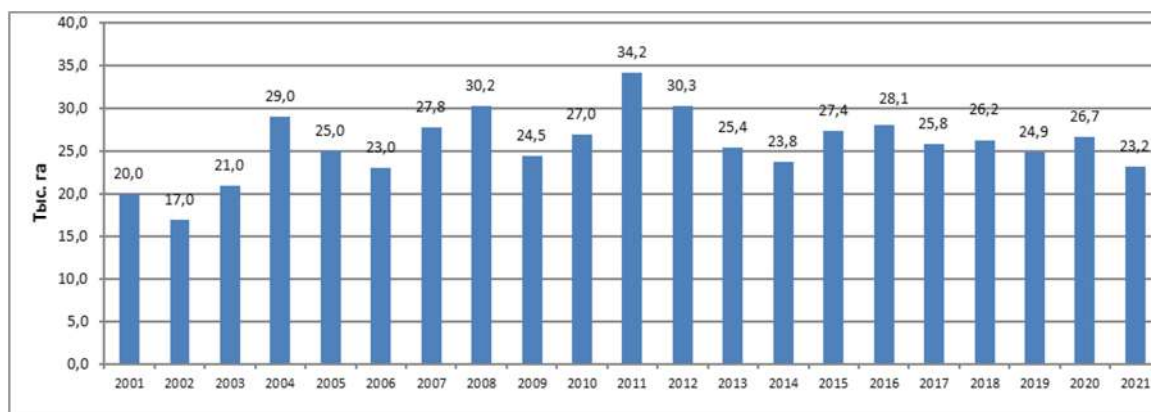


Рисунок 1 – Посевные площади лука репчатого промышленного выращивания в России в 2001-2021 гг., тыс. га (по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса)

Figure 1 – Cultivated areas of industrial onion cultivation in Russia in 2001-2021, thousand hectares (according to the agribusiness expert and analytical center)

Валовые сборы лука репчатого всех категорий в России составили в 2020 году 1738,2 тыс. т. По сравнению с 2019 годом сборы выросли на 4,1 % (на 68, 2 тыс. т), но за 5 лет всего на 0,1 %, т.е. на 2,1 тыс. т. В 2021 году валовые сборы в хозяйствах населения снизились до 551 тыс. т, на 34,2 % от общего объема (рисунок 2).



Рисунок 2 – Валовые сборы репчатого лука в России в 2001-2021 гг. по категориям хозяйств, тыс. т

Figure 2 – Gross onion harvests in Russia in 2001-2021 by category of farms, thousand tons

Большое значение при возделывании лука репчатого отводится использованию минеральных удобрений при орошении [9].

Корневая система лука репчатого слабо ветвится в почве, из-за чего возникает проблема обеспечения растений лука репчатого питательными элементами. При этом особым приемом является некорневая подкормка [4]. Внесение удобрений посредством опрыскивания листовой поверхности питательным раствором позволяет преодолевать такие отрицательные почвенные факторы, как выщелачивание и высолживание элементов питания, антагонизм ионов и пр., способствует насыщению нужными элемен-

тами питания растений и получения безопасного сырья [3, 5, 6, 10, 11, 12]. В связи с этим возникает ряд важных вопросов по влиянию некорневых подкормок на урожайность и качество лука репчатого.

Цель данных исследований – обосновать уровень урожайности и качество лука репчатого в зависимости от применения азотных листовых подкормок на растениях в условиях орошения на каштановых почвах Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытных полях хозяйства ИП Казаченко С. В., расположенных в Городищенском районе Волгоградской области, в 2016-2018 гг. Закладка опытов и выполнение исследований были осуществлены на основе общепринятых методик: Доспехова Б. А. (Методика полевого опыта, 1985), Моисейченко В. Ф. (Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве, 1994) и Литвинова С. С. (Методика полевого опыта в овощеводстве, 2011). Расчет норм вносимых удобрений под планируемый уровень урожайности проводился по рекомендации профессора Филина В. И. (Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая, 1994).

Повторность полевого опыта – четырехкратная. Размещение вариантов – рендомизированное. Площадь делянки – 30 м². Способ полива – капельное орошение (поддержание предполивного порога влажности почвы в слое 0,00-0,60 м не ниже 80 % НВ).

Почва опытного участка по своему гранулометрическому составу тяжелосуглинистая. Плотность сложения горизонта в слое 0,00-0,50 м – 1,08-1,28 г/см³. Среднее содержание гумуса в слое 0,00-0,25 м – 2,2 %. Гумусовый горизонт слабогумусированный. Наименьшая влагоемкость в горизонте 0,00-0,50 м составляла от 27,0-23,2 % от абсолютно сухой почвы. В подпахотном и пахотном горизонтах содержание легкогидролизуемого азота 22,6-37,3 мг/кг, подвижного фосфора – 20,8-27,5 мг/кг и обменного калия – 314,8-345,1 мг/кг сухой почвы, рН водной вытяжки – 6,5-7,5. Обеспеченность почвы азотом – низкая, фосфором – средняя и обменным калием – высокая.

В ходе исследований был проведен трехфакторный полевой опыт:

Фактор А – система питания: 1) участок без внесения удобрений; 2) на фоне N₁₆₀P₈₅K₈₅.

Фактор В – применение различных видов азотных удобрений в виде некорневых подкормок: 1) NH₄NO₃; 2) CO(NH₂)₂.

Фактор С – использование некорневых подкормок аммиачной селитрой и карбамидом в различных концентрациях: 1) NH₄NO₃ – (0,5 %); 2) NH₄NO₃ – (1,0 %); 3) NH₄NO₃ – (1,5 %); 4) NH₄NO₃ – (2,0 %); 5) CO(NH₂)₂ – (2,0 %); 6) CO(NH₂)₂ – (4,0 %); 7) CO(NH₂)₂ – (6,0 %); 8) CO(NH₂)₂ – (8,0 %).

Некорневые подкормки проводили в виде трехкратной обработки: 1-я – в фазу 2-3 настоящего листа; 2-я – в фазу 4-5 листа; 3-я – в фазу 6-7 листа. Период между проведениями подкормок составлял 10 суток.

В хозяйстве применялся следующий севооборот: пар – столовая морковь – лук репчатый. В первой декаде сентября после уборки урожая проводилась сплошная культивация с целью уничтожения сорняков на глубину 80-100 мм культиватором КПШ-5. В первой декаде октября выполнялось внесение минеральных удобрений перед вспашкой. Отвальная вспашка проводилась под зябь при помощи плуга ПЛН-3-35 в агрегате с трактором МТЗ-82. В последней декаде апреля после предпосевной подготовки почв начинался посев семян лука гибрида Маргит F₁ при помощи сеялки «Казачок». Схема посева представляла собой шестистрочную ленту с расстоянием между строчками 200 мм. Норма высева семян – 1,2 млн семян на гектар. После окончания посева производились работы по установлению капельных трубок Т-Таре (380 литров в час на 100 метров, расстояние между капельницами – 200 мм).

За годы проводимых исследований наблюдались типичные для региона погодно-климатические условия (таблица 1).

Таблица 1 – Погодные условия в период проведения исследований

Table 1 – Weather conditions during the research period

Период / Period	Годы исследований / Years of research								
	2016			2017			2018		
	ΣP , мм	Σt , °C	ГТК НТС	ΣP , мм	Σt , °C	ГТК НТС	ΣP , мм	Σt , °C	ГТК НТС
Апрель / April	6,0	59,3	1,01	5,8	59,1	0,98	0,8	85,4	0,09
Май / May	89,7	529,2	1,69	27,6	491,8	0,56	0,6	640,1	0,01
Июнь / June	51,7	676,5	0,76	30,9	625,9	0,49	0,3	702,8	0,004
Июль / July	30,6	783,1	0,39	0,8	785,4	0,01	126,4	808,3	1,56
Август / August	10,6	812,5	0,13	2,8	816,9	0,03	0,8	737,9	0,01
Итого / Total	188,6	2860,6	0,65	67,9	2779,1	0,24	128,9	2974,5	0,43

По условиям достатка тепла годы исследований были близки к средним многолетним значениям и растения были полностью обеспечены теплом. В 2016 году сумма выпавших осадков за период апрель – август составила 188,6 мм, в 2017 – 67,9 мм, в 2018 – 128,9 мм, а сумма среднесуточных температур соответственно 2860,6 °C (2016 г.), 2779,1 – (2017 г.) и 2974,5 °C (2018 г.). Таким образом, 2017 год оказался более прохладным, чем 2016 и 2018 годы, но менее обеспеченным влагой. По уровню влагообеспеченности 2016 год можно охарактеризовать как засушливый (ГТК = 0,65), 2017 год – очень сухой (ГТК = 0,24) и 2018 год – сухой (ГТК = 0,43).

Результаты и обсуждение. Суммарное водопотребление растений лука репчатого в 2016 году составляло 3773,6 м³/га, в 2017 году – 4287,9 м³/га, в 2018 году – 5670,9 м³/га, а в среднем за 2016-2018 гг. – 4577,4 м³/га.

Повышение урожайности лука репчатого во все годы исследований обусловило закономерное уменьшение величины коэффициента суммарного водопотребления. Так, самые высокие затраты воды на формирование продуктивности лука были отмечены на контрольном варианте без применения удобрений в среднем за 2016-2018 гг. – 96,97 м³/т (рисунок 3).

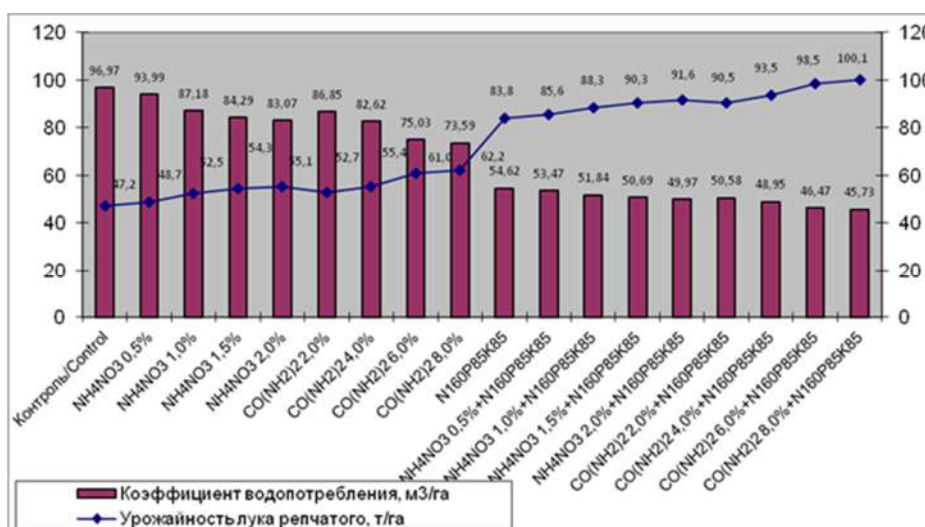


Рисунок 3 – Коэффициент водопотребления посевов лука репчатого, среднее за 2016-2018 гг.

Figure 3 – The coefficient of water consumption of onion crops, average for 2016-2018

В среднем за 2016-2018 гг. наименьшая величина коэффициента водопотребления при использовании аммиачной селитры (NH_4NO_3 – 2,0 %) в качестве некорневой подкормки на фоне $\text{N}_{160}\text{P}_{85}\text{K}_{85}$ составила 49,97 м³/т, а при применении карбамида ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – 8,0 %) – 45,73 м³/т.

Исследования показали, что листовые подкормки растений лука репчатого способствовали повышению продуктивности. Наименьшая урожайность в среднем за 2016-2018 гг. наблюдалась на варианте применения аммиачной селитры в концентрации 0,5 % – 48,7 т/га на фоне без удобрений, показав превышение над контролем на 1,5 т/га. Наибольшая урожайность на этом же фоне при применении аммиачной селитры (2,0 %) – 55,1 т/га, которая была на 7,9 т/га выше контроля. А при применении карбамида наибольшая урожайность 62,2 т/га отмечалась на варианте с концентрацией 8,0 %.

Использование аммиачной селитры на фоне $\text{N}_{160}\text{P}_{85}\text{K}_{85}$ позволило получить наибольшую урожайность на варианте NH_4NO_3 (2,0 %) – 91,6 т/га и на варианте карбамид в концентрации 8,0 % – 100,1 т/га, превысив показатели урожайности лука репчатого на вариантах без внесения удобрений на 36,5 и 37,9 т/га соответственно (рисунок 4).

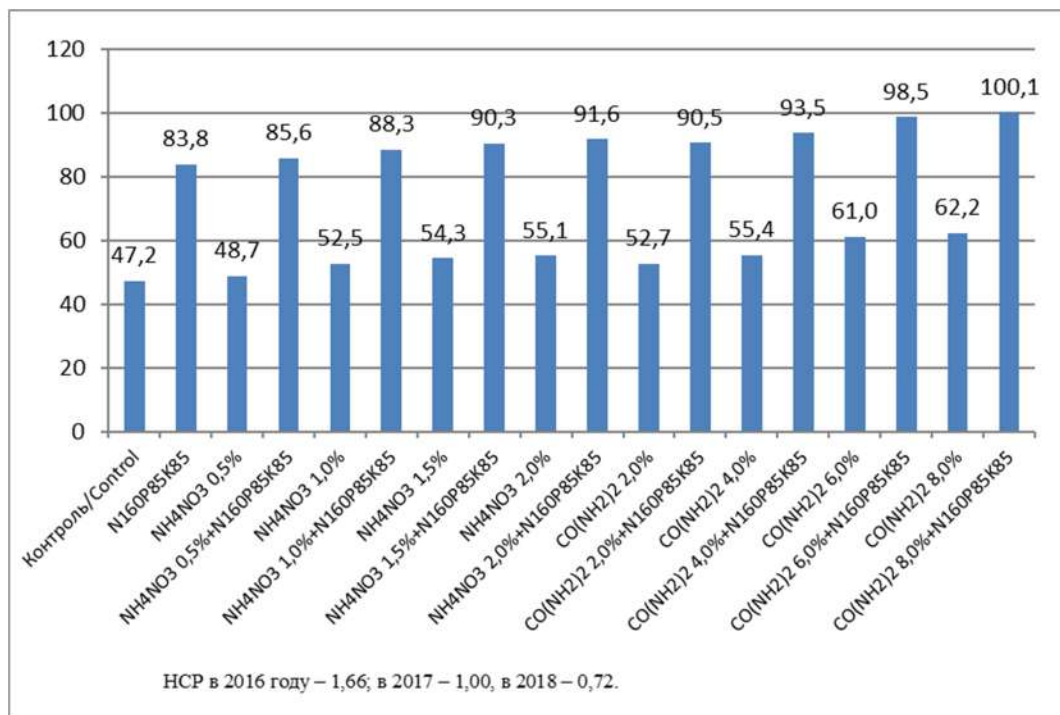


Рисунок 4 – Продуктивность лука репчатого в среднем за 2016-2018 гг., т/га

Figure 4 – Productivity of onions on average for 2016-2018, t/ hectares

Качество полученной продукции в определенной мере зависело от изучаемых приемов. Так, под влиянием различных концентраций минеральных удобрений содержание сухого вещества повышалось на 0,6-0,8 % на вариантах с применением аммиачной селитры различных концентраций на фоне без удобрений, на 1,1-1,3 % при листовых подкормках карбамидом в среднем по концентрациям. Внесение полного минерального удобрения в качестве фона способствовало увеличению этого показателя на 1,5-1,7 % (NH_4NO_3) и на 1,7-2,2 % ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Аналогичная картина отмечалась и на других основных показателях качества лука репчатого (витамин С и сахар).

По содержанию нитратов в луковицах лука репчатого полученные нами данные позволяют сделать вывод, что данный агроприем основан на производстве экологически безопасной продукции. Количество нитратов на фоне $N_{160}P_{85}K_{85}$ в наибольшей концентрации аммиачной селитры и карбамида находилось в пределах ПДК (80 мг/кг сырой массы) и составляло 74,3 и 77,6 мг/кг сырого веса.

Выводы. Исходя из результатов проведенных исследований можно сделать вывод об эффективности применения минеральных удобрений в виде листовых подкормок, которые способствовали увеличению урожайности и качества лука репчатого. Наибольшая урожайность на фоне $N_{160}P_{85}K_{85}$ при применении аммиачной селитры в концентрации 2,0 % составила 91,6 т/га, показав превышение над контролем без удобрений на 44,4 т/га и на фоне $N_{160}P_{85}K_{85} - 7,8$ т/га, а при применении карбамида при концентрации 8,0 % – 100,1 т/га, что выше значений на контроле без удобрений на 52,9 т/га, а на фоне $N_{160}P_{85}K_{85} - 16,3$ т/га. При этом отмечалось улучшение качественных характеристик луковиц при внедрении исследуемых элементов технологий. Таким образом, оптимизация минерального питания при капельном орошении за счет применения листовых подкормок обеспечивает существенное повышение продуктивности лука репчатого и улучшение его качества.

Библиографический список

1. Любченко А. В., Семенов В. А. Рост и продуктивность лука репчатого в зависимости от условий питания растений // Новые технологии. 2018. № 3. С. 210-216.
2. Овощеводство / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пунь, А. М. Улимбашев. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 496 с.
3. Осипов А. И., Шкрабак Е. С. Роль некорневого питания в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 54. С. 44-52.
4. Плаксина В. С., Асташов А. Н. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур гуминовыми удобрениями в экспериментальном севообороте // Нива Поволжья. 2021. № 2. С. 14-18.
5. Плескачев Ю. Н., Лукьяненко Е. А. Повышение продуктивности овощных культур за счет правильного применения листовых подкормок // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (371). С. 22-26.
6. Производственная эффективность выращивания лука репчатого на Нижней Волге / Н. И. Матвеева, В. П. Зволинский, Н. Ю. Петров, В. В. Зволинский, В. Ю. Наумов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4. С. 95-98.
7. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова, А. В. Романова // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.
8. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания лука репчатого при орошении в условиях Нижнего Поволжья / Е. В. Калмыкова, А. А. Новиков, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Овощи России. 2020. № 1. С. 58-63.
9. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, О. В. Калмыкова, В. В. Зволинский // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 51-58.
10. Effect of foliar application of growth regulators on growth and yield of onion (*Allium cepa*) / D. Bista, D. Sapkota, H. Paudel, G. Adhikari // International Journal of Horticultural Science and Technology. 2022. Vol. 9. No 2. Pp. 247-254.
11. Effect of foliar supplementation of N, P and K on nutrient dynamics and productivity of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) / S. Rundla, R. C. Bairwa, R. Choudhary, S. P. Sing // Indian Journal of Agronomy. 2018. Vol. 63. No 4. Pp. 528-531.
12. Tests of new products for improving the yield of potato and the quality of the crop / R. R. Galeev, O. N. Sergeeva, N. A. Perchenko, N. B. Maslova // International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. Vol. 10. No 4. Pp. 619-625.

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. e-mail: technolog_16@mail.ru

Калмыкова Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26; e-mail: lelya.kalm.90@mail.ru

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, и.о. зав. лаборатории биоэкологии древесных растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской Академии Наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), 400062, Российская Федерация, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>. e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Воронин Герман Александрович, старший лаборант-исследователь, отдел оросительных мелиораций, сектор моделирования технологий орошения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2355-1003>. e-mail: germ.voronin@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-15

INFLUENCE OF THE ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE YIELD OF NEW VARIETIES OF WINTER WHEAT IN THE ROSTOV REGION

N. N. Voshedsky, V. A. Kulygin, O. A. Tseluyko

Federal State Budget Scientific Institution

«Federal Rostov Agricultural Research Centre», Rostovskaja oblast

Received 30.06.2022

Submitted 31.08.2022

Abstract

Introduction. The purpose of the research is to establish the optimal seeding rate, the background of mineral nutrition on the yield of new varieties of winter wheat in the conditions of the Azov zone of the Rostov region. **Materials and methods.** Place and time of research – experimental hospital of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Centre», 2019-2021. The soil of the experimental site is represented by ordinary chernozem, carbonate medium-sized light loam on loess-like loam. The content of humus in the arable layer is 4.0-4.2%, total nitrogen – 0.22-0.25% of mobile phosphorus and potassium – 39 and 545 mg/kg, respectively. The reaction of the solution (pH) is 7.1-7.3. The density of the soil in a layer of 0-30 cm is 1.26 g/cm³. The experiments used new varieties of winter wheat *Bilina Dona*, *Akapella* and *Oktava*. Studied: factor A: seeding rate – 1) 4.0 million units/ha (control); 2) 4.5 million units/ha; 3) 5.0 million units/ha; factor B: fertilizer backgrounds (high – N₁₂₀P₈₀K₈₀; moderate – N₈₀P₆₀K₆₀; control without fertilizers). During the field experiment, generally accepted methods were used (B.A. Dospekhov, 1985, A.N. Kostyakov, 1961). **Results and conclusions.** The yield of new varieties of winter wheat was influenced by key elements of cultivation technology, as well as the difference in heat and moisture availability of growing seasons. The highest average yield of winter wheat by factor A was provided by the seeding rate of 5.0 million units/ha. At the same time, regardless of the background of mineral nutrition, the increases amounted to: according to the *Bilina Dona* variety – 30.8-33.9%, *Akapella* variety – 24.9-29.8%, *Oktava* variety – 30.3-31.8%, compared with the control. According to the factor B the background of fertilizers N₈₀P₆₀K₆₀ at different seeding rates, it contributed to an increase in the yield of grain of the *Bilina Dona* variety – 28.9-32.0%, *Akapella* variety – 27.5-32.1%, *Oktava* variety – 29.5-32.8%, in comparison with the conditions of natural fertility. The greatest increase in yield was provided by a high back-

ground of $N_{120}P_{80}K_{80}$, reaching 43.7–47.6% for the *Bilina Dona* variety, 40.5–45.3% for *Akapella* variety, and 44.0–47.6% for *Oktava* variety. The best efficiency of fertilizer use was provided with a high background of nutrition and a seeding rate of 5.0 million units/ha, amounting to 6.25 kg/kg for *Akapella* varieties, 5.75 kg/kg for *Bilina Dona* variety, and 4.96 kg/kg for *Oktava* variety. The *Akapella* variety turned out to be the most productive of those studied in the experiment, where the highest average grain yield of 5.61 t/ha was obtained on the intensive variant ($N_{120}P_{80}K_{80}$; 5.0 million units/ha). The similar indicator was slightly lower for the *Bilina Dona* variety – 5.05 t/ha. According to the *Oktava* variety, the yield did not exceed 4.44 t/ha.

Key words: winter wheat, seeding rate, fertilizer, yield, increase, heat and moisture supply.

Citation: Voshedsky N.N., Kulygin V.A., Tseluyko O.A. Influence of elements of cultivation technology on the yield of new varieties of winter wheat in the Rostov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 125-134 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-15.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.11:631.5

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Н. Вошедский, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Кулыгин, кандидат сельскохозяйственных наук

О. А. Целуйко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская обл., п. Рассвет, Российская Федерация

Дата поступления в редакцию 30.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Аннотация. Цель исследований – определение оптимальной нормы высева семян, фона минерального питания, влияющих на урожайность новых сортов озимой пшеницы в условиях приазовской зоны Ростовской области. **Материалы и методы.** Место и время проведения исследований – опытный стационар ФГБНУ ФРАНЦ, 2019-2021 гг. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднесуглинистым на лесовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0-4,2 %, общего азота – 0,22-0,25 % подвижного фосфора и калия – соответственно 39 и 545 мг/кг. Реакция раствора (рН) – 7,1-7,3. Плотность почвы в слое 0-30 см – 1,26 г/см³. В опытах использовались новые сорта озимой пшеницы Былина Дона, Акапелла и Октава. Изучались: фактор А: норма высева семян – 1) 4,0 млн шт./га (контроль); 2) 4,5 млн шт./га; 3) 5,0 млн шт./га; фактор В: фоны удобрений (высокий – $N_{120}P_{80}K_{80}$; умеренный – $N_{80}P_{60}K_{60}$; контроль без удобрений). При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Н. Костяков, 1961). **Результаты.** На урожайность новых сортов озимой пшеницы оказали влияние ключевые элементы технологии возделывания, а также разница в тепло-влагообеспеченности вегетационных периодов. Наиболее высокая средняя урожайность озимой пшеницы по фактору А обеспечивалась нормой высева 5,0 млн шт./га. При этом независимо от фона минерального питания прибавки составили: по сорту Былина Дона 30,8-33,9 %, Акапелла – 24,9-29,8 %, Октава – 30,3-31,8 %, по сравнению с контролем. По фактору В фон удобрений $N_{80}P_{60}K_{60}$ при разных нормах высева семян способствовал получению прибавки урожайности зерна сорта Былина Дона на 28,9-32,0 %, Акапелла – 27,5-32,1 %, Октава – 29,5-32,8 % в сравнении с условиями естественного плодородия. Наибольшее увеличение урожайности обеспечивалось высоким фоном $N_{120}P_{80}K_{80}$, который

достиг у сорта Былина Дона 43,7-47,6 %, Акапелла – 40,5-45,3 %, сорта Октава – 44,0-47,6 %. Лучшая эффективность использования удобрений обеспечивалась при высоком фоне питания и норме высева семян 5,0 млн шт./га, составив у сортов Акапелла – 6,25 кг/кг, Былина Дона – 5,75 кг/кг, Октава – 4,96 кг/кг. **Выводы.** Самым продуктивным из изучаемых в опыте оказался сорт Акапелла, где на интенсивном варианте ($N_{120}P_{80}K_{80}$; 5,0 млн шт./га) получена наибольшая средняя урожайность зерна – 5,61 т/га. Несколько ниже аналогичный показатель был у сорта Былина Дона – 5,05 т/га. По сорту Октава урожайность не превысила 4,44 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, нормы высева пшеницы, урожайность озимой пшеницы, сорта озимой пшеницы.

Цитирование. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 125-134. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-15.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Самой распространенной сельскохозяйственной культурой в РФ является озимая пшеница [8]. В 2020 году в структуре посевных площадей РФ объем зерновых и зернобобовых культур достиг 79,63 млн га, или 58,8 % от совокупности всей посевной площади под растениеводческие культуры. Из них на долю пшеницы приходится 29,42 млн га, что составляет 35,8 %. При этом самые большие площади посевов данной культуры отмечены в Ростовской области – порядка 2,87 млн га [1]. Усиление аридности климата в последние годы вынуждает сельхозпроизводителей при богарном земледелии сокращать посевные площади под яровые культуры, отдавая предпочтение озимым [3, 13, 15]. Значительные площади посева озимой пшеницы обусловлены высокой ценностью данной культуры. Озимая пшеница обладает высокими питательными качествами зерна, в состав которого входят белок, крахмал, жиры, зольные вещества, витамины группы В, РР, Е, каротин, эргостерин и др., которые необходимы для удовлетворения потребностей человека. Известно, что калорийность 100 г пшеничного хлеба (250 ккал) по калорийности превосходит качественную свинину, соответствующий показатель которой не превышает 240 ккал. Озимая пшеница используется для производства муки, хлеба, кондитерских, макаронных изделий, концентрированных кормов, используется в перерабатывающей промышленности и т.д. [9]. В севообороте она является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур. Озимая пшеница остается одной из самых востребованных сельскохозяйственных культур, увеличение ее производства является одной из актуальных задач, стоящих перед работниками агропромышленного комплекса [8, 9].

Ростовская область в 2021 г. оставалась одним из главных производителей зерна в РФ – 12,7 миллионов тонн, что составляет более 10 % от общего производства в стране [1]. По данным Минсельхоза, средняя урожайность пшеницы по области не превышала 3,59 т/га, что существенно уступает аналогичным показателям ряда других регионов. Например, в Краснодарском крае средняя урожайность пшеницы в отдельные годы достигала 6,15 т/га. Одним из направлений потенциального увеличения производства зерна в регионе является повышение качества комплекса агротехнических мероприятий: широкое внедрение в производство новых высокоурожайных районированных сортов, использование семенного материала высокого качества, научно-обоснованное применение минеральных удобрений (прежде всего – азотных), совре-

менных средств защиты растений, а также совершенствование элементов технологии возделывания, размещение культуры в севообороте по лучшим предшественникам [1, 8]. В связи с этим объектом наших исследований являлись новые сорта озимой пшеницы Былина Дона, Акапелла и Октава, предложенные селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ, совершенствование ключевых элементов технологии их выращивания в конкретных почвенно-климатических условиях. В частности, одними из дискуссионных остаются вопросы оптимизации нормы высева семян с учетом сроков сева, влажности почвы, уровня всхожести семян, сортовых особенностей и др. [2, 5, 10, 12] и минерального питания озимой пшеницы, особенно азотных подкормок [4, 6, 11, 14].

Цель исследований – определение оптимальной нормы высева семян, фона минерального питания, влияющих на урожайность новых сортов озимой пшеницы в условиях приазовской зоны Ростовской области.

Материалы и методы. Опыты проводились на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ 2019-2021 гг. Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднесуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном (0-30 см) слое составляло 4,0-4,2 %, общего азота – 0,22-0,25 %, подвижного фосфора и калия – соответственно 39 и 545 мг/кг. Реакция почвенного раствора (рН) – 7,1-7,3 ед. Плотность почвы в слое 0-30 см – 1,26 г/см³ [7]. Площадь опытной делянки последнего порядка – 80 м². Размещение вариантов рендомизированное. Предшественником озимой пшеницы в годы исследований являлся чистый пар. При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Н. Костяков, 1961).

Полевые опыты проводились по типичной схеме, применяемой в ФГБНУ ФРАНЦ при изучении зерновых культур [7]. Пространственное расположение опыта – в трехкратной повторности. Изучались два фактора, которые были наложены друг на друга. Фактор А – норма высева семян: 1) 4,0 млн шт./га (контроль); 2) 4,5 млн шт./га; 3) 5,0 млн шт./га. Фактор В – фон удобрений: 1) без удобрений (контроль) (б/у); 2) умеренный – N₈₀P₆₀K₆₀; 3) высокий – N₁₂₀P₈₀K₈₀.

Система обработки почвы в осенний период включала вспашку на глубину 25-27 см с применением скоростного плуга ПС-3+1 в агрегате с трактором МТЗ-82. Минеральные удобрения применялись дробно: перед основной обработкой вносили суперфосфат и азотный калий дозами P₆₀K₆₀ и P₈₀K₈₀, в феврале-марте проводилась подкормка аммиачной селитрой дозами N₈₀ и N₁₂₀. Посев проводился в оптимальные для региона сроки в 2019 г. – 9 сентября, в 2020 г. – 18 сентября. Заделку семян производили с помощью трактора МТЗ-82 в агрегате с селекционной сеялкой СС-11 на глубину 4-5 см. Агротехнические мероприятия за посевами озимой пшеницы были направлены на сохранение растений от вредителей, болезней и контроля сорной растительности, а также на разрушение почвенной корки для поступления атмосферного азота. Уборка урожая проходила прямым комбайнированием с помощью комбайна САМПО – 500.

Результаты и обсуждение. Известно, что в зоне недостаточного увлажнения серьезным препятствием для наращивания продуктивности озимой пшеницы и полного раскрытия потенциала сорта является непредсказуемость погодных условий, часто их негативное влияние на условия вегетации [3, 13, 15]. В годы исследований обеспеченность растений теплом и влагой в осенние месяцы, при перезимовке и возобновлении вегетации культуры имели существенные отличия (таблица 1).

Осенний период вегетации озимой пшеницы 2019 г. характеризовался дефицитом атмосферных осадков и относительно высокими среднесуточными температурами воздуха (особенно в сентябре). Это отражено в показателях ГТК сентября (0,32) и ок-

тября (0,27). В ноябре ввиду резкого понижения температур воздуха вегетация озимой пшеницы была приостановлена. При этом средний ГТК осеннего периода вегетации культуры не превысил 0,29. В осенне-зимне-весенние месяцы 2019-2020 гг. отмечалось крайне неравномерное выпадение атмосферных осадков: с ноября по январь их количество ежемесячно в сумме составляло не более 14,6-20,4 мм. Однако в феврале их количество достигло 102,8 мм, а в марте осадков практически не наблюдалось (2,4 мм). В целом условия перезимовки озимой пшеницы следует признать удовлетворительными. Возобновление вегетации озимой пшеницы в апреле 2020 г. происходило в условиях недостаточного количества атмосферных осадков (14,0 мм), что в сочетании с суммой среднесуточных температур дало ГТК – 0,51. Благоприятные условия тепло-влагообеспеченности культуры отмечены лишь в мае с ГТК=1,10. Наблюдавшиеся в июне высокие среднесуточные температуры (22,9 °C) и минимум осадков нашли отражение в показателях ГТК, не превысившем 0,31. Таким образом, средний ГТК апреля-июня составил 0,61, а всего вегетационного периода – 0,49. В целом условия тепло-влагообеспеченности озимой пшеницы в рассматриваемый год были удовлетворительными, но далекими от оптимальных характеристик.

Таблица 1 – Тепло-влагообеспеченность вегетационных периодов озимой пшеницы в 2019-2021 гг.

Table 1 – Heat and moisture availability of vegetation periods winter wheat in 2019-2021

Месяц	Сумма активных температур, °C	Сумма осадков, мм	ГТК
Вегетационный период 2019-2020 гг.			
Сентябрь	507	16,0	0,32
Октябрь 12,2	378,2	10,1	0,27
Осень 2019 г.	885,2	26,1	0,29
Апрель	270	14,0	0,51
Май	465	51,2	1,10
Июнь	687	21,0	0,31
Весна-лето 2020 г.	1422	86,2	0,61
Вегетационный период	2307,2	112,3	0,49
Вегетационный период 2020-2021 гг.			
Сентябрь	591	1,8	0,00
Октябрь	449,5	18,8	0,42
Осень 2020 г.	1040,5	20,6	0,20
Апрель	291	59,4	2,04
Май	548,7	52,0	0,95
Июнь	648	51,2	0,79
Весна-лето 2021 г.	1487,7	162,6	1,09
Вегетационный период	2528,2	183,2	0,72

Предпосевной и послепосевной периоды озимой пшеницы осенью 2020 г. отличались крайней засушливостью и практическим отсутствием дождей, в связи с чем ГТК сентября имел показатели, близкие к нулю. В октябре количество осадков было незначительным, что в сочетании с характерными для данного месяца среднесуточными температурами (14,5 °C) определило ГТК=0,42. Средний ГТК осеннего периода не превысил 0,20. С ноября по март преобладали низкие среднесуточные температуры воздуха, что приостановило период активной вегетации озимой пшеницы. При этом в декабре и феврале количество выпавших атмосферных осадков не превысило 15,0-15,8 мм. Однако январь и особенно март характеризовались значительным количеством снего-

падов и дождей, а количество осадков достигло соответственно 46,8 и 84,8 мм. Возобновление активной вегетации озимой пшеницы в апреле сопровождалось обильным выпадением атмосферных осадков (59,4 мм), при относительно невысоких среднесуточных температурах воздуха (9,7 °C), что отражает высокий показатель ГТК за этот месяц – 2,04. Также достаточное количество атмосферной влаги отмечалось в мае (52,0 мм) и июне (51,2 мм), что характеризуют данные ГТК – соответственно 0,95 и 0,79. За весенний период вегетации озимой пшеницы гидротермический коэффициент достиг 1,09. В целом ГТК всего вегетационного периода культуры составил 0,75.

Таким образом, крайне неблагоприятные условия по тепло-влагообеспеченности озимой пшеницы отмечались в послепосевной период. Относительно высокое количество выпавших атмосферных осадков пришлось на период покоя озимой пшеницы, составив в сумме 162,4 мм. Это позволило накопить в почве значительные влагозапасы, необходимые для нормальных условий развития пшеницы. После возобновления вегетации культуры до уборки наблюдались близкие к оптимальным показатели тепло-влагообеспеченности озимой пшеницы.

Разные нормы высева семян, фоны минерального питания, метеорологические характеристики вегетационных периодов озимой пшеницы в рассматриваемые годы оказали влияние на изменение показателей урожайности разных сортов (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность новых сортов озимой пшеницы в зависимости от разных факторов, 2020–2021 гг., ФГБНУ ФРАНЦ, т/га

Table 2 – Productivity of new varieties of winter wheat, depending on various factors, 2020–2021, FGBNU FRANZ, t/ha

Норма, млн. шт./га	Фон минерального питания, год								
	Без удобрений (б/у)			N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀			N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀		
	2020	2021	сред.	2020	2021	сред.	2020	2021	сред.
Былина Дона									
4,0	2,38	2,88	2,63	2,86	3,91	3,39	3,41	4,14	3,78
4,5	2,87	3,47	3,17	3,48	4,92	4,20	4,13	5,22	4,68
5,0	3,10	3,78	3,44	3,83	5,25	4,54	4,45	5,64	5,05
2020 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га; 2021 г.: НСР ₀₅ = 0,11 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,08 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,11 т/га.									
Акапелла									
4,0	2,96	3,22	3,09	3,54	4,32	3,93	4,00	4,68	4,34
4,5	3,40	3,87	3,64	4,05	5,23	4,64	4,55	5,82	5,19
5,0	3,59	4,13	3,86	4,40	5,79	5,10	4,89	6,32	5,61
2020 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,08 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га; 2021 г.: НСР ₀₅ = 0,11 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,09 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,12 т/га.									
Октава									
4,0	2,16	2,51	2,34	2,74	3,32	3,03	3,20	3,53	3,37
4,5	2,55	2,87	2,71	3,23	3,96	3,60	3,75	4,24	4,00
5,0	2,89	3,21	3,05	3,60	4,31	3,96	4,23	4,64	4,44
2020 г.: НСР ₀₅ = 0,09 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,09 т/га; 2021 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; А: НСР ₀₅ – 0,08 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га.									

Приведенные данные отражают устойчивую тенденцию повышения урожайности зерна по мере увеличения густоты стеблестоя растений и уровней минерального питания по всем изучаемым новым сортам пшеницы. При этом более благоприятные условия тепло-влагообеспеченности вегетационного периода 2020-2021 гг. способствовали лучшей продуктивности культуры, по сравнению с аналогичными условиями 2019-2020 гг. Так

средняя урожайность озимой пшеницы, независимо от нормы высева семян и фона минерального питания по сорту Былина Дона в 2020 г. не превысила 3,39 т/га, а в 2021 г. достигла 4,36 т/га, а соответствующая прибавка составила 28,6 %. Аналогичные показатели у сортов Акапелла – 3,93 и 4,82 т/га, Октава – 3,15 и 3,62 т/га, а соответствующее увеличение урожайности в более благоприятный по метеоусловиям год было, соответственно на 22,6 % и 14,9 %. В абсолютных значениях лучшие показатели урожайности получены в 2021 г. на варианте с нормой высева семян 5,0 млн шт./га и фоном удобрений $N_{120}P_{80}K_{80}$, которые достигли: по сорту Былина Дона 5,64 т/га, Акапелла – 6,32, Октава – 4,64 т/га.

Следует отметить, что наибольшее влияние тепло-влагообеспеченности вегетационного периода озимой пшеницы на урожайность зерна наблюдалась у сорта Былина Дона, где разница соответствующих средних показателей по годам достигла 28,6 %. Меньшее воздействие метеорологических факторов на продуктивность культуры отмечена у сорта Октава, где аналогичная разница не превысила 14,9 %.

В среднем за годы исследований при норме высева семян 4,0 млн шт./га независимо от фона питания урожайность зерна изменялась в пределах: по сорту Былина Дона – 2,63-3,78 т/га, Акапелла – 3,09-4,34 т/га, Октава – 2,34-3,37 т/га. Увеличение норм высева до 4,5 и 5,0 млн шт./га способствовало повышению урожайности зерна, достигнув у сорта Былина Дона соответственно 3,17-4,68 т/га и 3,44-5,05 т/га; Акапелла – 3,64-5,19 т/га и 3,86-5,61 т/га; Октава – 2,71-4,00 т/га и 3,05-4,44 т/га.

Изучаемые элементы технологии возделывания оказывали определенное влияние на изменения показатели урожайности озимой пшеницы (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Изменение урожайности озимой пшеницы в зависимости от нормы высева, 2020–2021 гг.

Table 3 - Change in the yield of winter wheat depending on from the seeding rate, 2020–2021

Норма высева, млн шт./га	Изменение урожайности по сравнению с контролем (4,0 млн шт./га)					
	Без удобрений (б/у)		$N_{80} P_{60} K_{60}$		$N_{120} P_{80} K_{80}$	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Былина Дона						
4,5	0,54	20,5	0,81	23,9	0,90	23,8
5,0	0,81	30,8	1,15	33,9	1,27	33,6
Акапелла						
4,5	0,55	17,8	0,71	18,1	0,85	19,6
5,0	0,77	24,9	1,17	29,8	1,27	29,3
Октава						
4,5	0,37	15,8	0,57	18,8	0,63	18,7
5,0	0,71	30,3	0,93	30,7	1,07	31,8

Увеличение нормы высева семян обеспечивало стабильное повышение урожайности всех изучаемых сортов озимой пшеницы. При густоте стеблестоя 4,5 млн шт./га независимо от фона минерального питания при выращивании сорта Былина Дона отмечался рост урожайности зерна на 0,54-0,90 т/га, что составляло 20,5-23,8 %, по сравнению с контрольным вариантом (4,0 млн шт./га). Норма высева 5,0 млн шт./га обеспечивала более высокую прибавку урожайности от 0,81 до 1,27 т/га, или на 30,8-33,9 %.

Такие же тенденции отмечены в опытах с другими сортами. На вариантах с густотой стеблестоя 4,5 млн шт./га увеличение урожайности сорта Акапелла составило 0,55-0,85 т/га (17,8-19,6%), сорта Октава – 0,37-0,63 т/га (15,8-18,7 %), по сравнению с контролем. На участках с нормой высева 5,0 млн шт./га аналогичные прибавки достигли: по сорту Акапелла – 0,77-1,27 т/га (24,9-29,8 %), Октава – 0,71-1,07 т/га (30,3-31,8 %).

В целом более отзывчивым на увеличение нормы высева семян следует признать сорт Былина Дона, на вариантах которого отмечены самые высокие относительные показатели прибавок урожайности (до 30,8-33,9 %). В меньшей степени эта отзывчивость просматривается у сорта Акапелла.

Существенное влияние на изменение урожайности новых сортов озимой пшеницы оказали и разные фоны минерального питания растений (таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность использования удобрений
на новых сортах озимой пшеницы, 2020–2021 гг.

Table 4 – Efficiency of fertilizer use on new varieties of winter wheat, 2020–2021

Норма высева семян, млн шт./га	Прибавка урожайности				Эффективность использования удобрений, кг/кг	
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀			
	т/га	%	т/га	%	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀
Былина Дона						
4,0	0,76	28,9	1,15	43,7	3,80	4,11
4,5	1,03	32,5	1,51	47,6	5,15	5,39
5,0	1,10	32,0	1,61	46,8	5,50	5,75
Акапелла						
4,0	0,90	29,1	1,25	40,5	4,50	4,46
4,5	1,00	27,5	1,55	42,6	5,00	5,53
5,0	1,24	32,1	1,75	45,3	6,20	6,25
Октава						
4,0	0,69	29,5	1,03	44,0	3,45	3,68
4,5	0,89	32,8	1,29	47,6	4,45	4,61
5,0	0,91	29,8	1,39	45,6	4,55	4,96

Умеренный фон минерального питания (N₈₀ P₆₀ K₆₀), независимо от нормы высева семян, способствовал получению прибавки урожайности зерна по сорту Былина Дона на 0,76-1,10 т/га, что составляет 28,9-32,0%, Акапелла – 0,90-1,24 т/га (27,5-32,1%), сорту Октава – 0,69-0,91 т/га (29,5-32,8%), по сравнению с условиями естественного плодородия. Еще большее увеличение урожайности обеспечивалось в условиях высокого фона удобрений (N₁₂₀ P₈₀ K₈₀), составив у сорта Былина Дона 1,15-1,61 т/га, или 43,7-47,6%, Акапелла – 1,25-1,75 т/га (40,5-45,3%), сорта Октава – 1,03-1,39 т/га (44,0-47,6%), по сравнению с контролем. Более высокая эффективность использования удобрений практически на всех вариантах опыта отмечена при норме питания растений N₁₂₀ P₈₀ K₈₀. Лучшие показатели отмечены на вариантах с густотой стеблестоя 5,0 млн шт./га – у сорта Акапелла – 6,25 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений, сорта Былина Дона – 5,75 кг/кг, у сорта Октава – 4,96 кг/кг.

В целом относительные показатели изменения урожайности от применения удобрений по всем изучаемым сортам озимой пшеницы были примерно одного порядка. В абсолютном значении лучшие прибавки (до 1,75 т/га) и более высокая отдача от применения удобрений (6,25 кг/кг) получены по сорту Акапелла.

Выводы. На урожайность новых сортов озимой пшеницы определенное влияние оказали ключевые элементы технологии возделывания, а также разница в тепло-влагообеспеченности вегетационных периодов. Гидротермический коэффициент периода 2019-2020 гг. составил 0,49, периода 2020-2021 гг. – 0,75. Наибольшее влияние тепло-влагообеспеченности на урожайность наблюдалось у сорта Былина Дона, где разница средних показателей по годам достигла 28,6 %. Меньшее воздействие этого фактора отмечено у сорта Октава, а аналогичная разница не превысила 14,9 %.

Наиболее высокая урожайность озимой пшеницы по фактору А обеспечивалась нормой высева 5,0 млн шт./га. Эта норма независимо от фона минерального питания давала прибавку по сорту Былина Дона на 30,8-33,9 %, Акапелла – 24,9-29,8 %, Октава – на 30,3-31,8 %, по сравнению с контролем.

По фактору В умеренный фон удобрений ($N_{80}P_{60}K_{60}$) при разных нормах высева семян, способствовал получению прибавки урожайности зерна сорта Былина Дона на 28,9-32,0 %, Акапелла – 27,5-32,1 %, Октава – 29,5-32,8 %, в сравнении с условиями естественного плодородия. Наибольшее увеличение урожайности обеспечивалось высоким фоном удобрений ($N_{120}P_{80}K_{80}$), достигнув у сорта Былина Дона 43,7-47,6 %, Акапелла – 40,5-45,3 %, сорта Октава – 44,0-47,6 %, по сравнению с контролем. Лучшая эффективность использования удобрений обеспечивалась при высоком фоне питания и норме высева семян 5,0 млн шт./га, составив у сортов Акапелла – 6,25 кг/кг, Былина Дона – 5,75 кг/кг, Октава – 4,96 кг/кг.

Самым продуктивным из изучаемых в опыте оказался сорт Акапелла, где на интенсивном варианте ($N_{120}P_{80}K_{80}$; 5,0 млн шт./га) получена наибольшая средняя урожайность зерна 5,61 т/га. Несколько ниже аналогичный показатель был у сорта Былина Дона – 5,05 т/га, а по сорту Октава не превысил 4,44 т/га.

Библиографический список

1. 2021/22 зерновой год в Ростовской области: урожай, экспорт, сев озимых. <https://specagro.ru/news/202112/predvaritelnye-itogi-pervoy-poloviny-zernovogo-sezona-202122-rostovskoy-oblasti>.
2. Балашов В. В., Балашов А. В., Левкина К. В. Урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы в зависимости от норм высева и сроков посева на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 18-21.
3. Беляков А. М., Назарова М. В. Анализ погоды в Волгоградской области за длительный период времени и урожай зерновых культур // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 71-79.
4. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Б. С. Калоев, З. А. Кубатиева, Р. В. Калагова // Агрохимия. 2019. № 4. С. 31-38.
5. Влияние нормы высева на урожай и качество зерна различных сортов озимой пшеницы / А. Б. Касабиев, Э. А. Цагараева, С. С. Басиев, М. Д. Газдаров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58-2. С. 22-29.
6. Влияние приемов возделывания на продуктивность перспективного сорта озимой твердой пшеницы Крупинка в Дагестане / Н. Р. Магомедов, Н. Н. Магомедов, Ж. Н. Абдуллаев, М. М. Гаджиев // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4. С. 3-8.
7. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление гороха сорта Премьер в богарных условиях // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 194-205.
8. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2025 года и на перспективу до 2030 года. М., 2016. 73 с. <http://www.mcx.ru/documents/document/show/34595.133.htm>.
9. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. С. 67-68.
10. Попов А. С. Нормы высева семян озимой пшеницы Лазурит в зависимости от предшественников и сроков посева в условиях Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 6. С. 548-556.
11. Роль оптимизации режима питания растений озимой пшеницы в повышении урожайности и качества зерна / А. М. Кравцов, А. В. Загоруйко, Н. Н. Кравцова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 86. С. 68–78.

12. Совершенствование способов посева и норм высевы в Заволжье / О. И. Горянин, И. Ш. Шакуров, Б. Ж. Джангабаев, Т. А. Горянина // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 3 (63). С. 10-13.
13. Ткаченко Н. А. Засухи и урожайность зерновых культур в Волгоградской области // *Известия НВ АУК*. 2018. № 4. С. 171.
14. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании твердой озимой пшеницы сорта Агат Донской в южной зоне Ростовской области / А. В. Алабушев, А. С. Попов, Г. В. Овсянникова, А. А. Сухарев, Н. Е. Самофалова, Н. С. Кравченко // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 6. С. 3-9.
15. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boote, I. Foster // *Agricultural Systems*. 2018. V. 159. P. 275-281.

Информация об авторах

Вошедский Николай Николаевич, заведующий отделом земледелия и растениеводства, лаборатории биологии растений, агрохимии и сортовой агротехники сельскохозяйственных культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735, ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, Заслуженный работник сельского хозяйства России, E-mail: dzni-szr@mail.ru.

Кулыгин Владимир Анатольевич, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735, ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru.

Целуйко Оксана Анатольевна, ученый секретарь, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735, ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, E-mail: dzni@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-16

EFFICIENCY OF HERBICIDES AGAINST ANNUAL WEEDS IN WHITE CABBAGE CROPS

A.V. Gulin, G.N. Kiseleva, M.V. Mukanov

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
the Branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific
Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 27.06.2022

Submitted 04.08.2022

Summary

The article presents the results of the use of herbicides on annual weeds in white cabbage crops. The results showed that the pre-emergence use of the herbicide Proponite, which negatively affects the field germination of cabbage, leads to reliable sparsity of sowing and reduces crop yield by 15.3%.

Abstract

Introduction. The climatic conditions of the Astrakhan region are favorable for growing a number of vegetable plants, in particular white cabbage, in a seedless way, i.e. by direct sowing of seeds into the soil. This method has a number of advantages: the costs of growing seedlings in protected soil and planting seedlings in the ground are eliminated. However, seedlings are largely suppressed by weeds, since cabbage plants in the initial periods of development are characterized by slow growth. At the same time, weeds cause not only direct harm to cultivated plants, competing with them for light, water and nutrients, but also indirect, because weeds are reserves for many pests and diseases – for example: cruciferous fleas, powdery mildew, peronosporosis, etc. which affects the quantity and quality of the crop. Hence, there is a need to carry out protective measures against weeds in advance so that seedlings appear in areas free of unwanted vegetation. Eliminating competition from weeds for light, water and nutrients is one of the main tasks of agricultural producers. Therefore, research to identify the

most effective drugs to protect crops, in particular cabbage from weeds is relevant. **The purpose** of our research was to test and select herbicides that most effectively suppress annual weeds in crops of white cabbage without seedlings. The research was carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» located in Kamyzyak City of the Astrakhan region in irrigated conditions on alluvial meadow, light loamy soils. The experimental plot for sowing cabbage was placed after ponds, the repetition of experiments is fourfold. The area of the experimental plot is 25 m², the accounting area is 20 m². **Materials and methods.** Research is the cabbage *Amager 611 variety* of the «All-Russian Research Institute of Selection and Seed Production of Vegetable Crops» selection: late-ripening, vegetation period of 148-177 days. The rosette of the plants is semi-spreading, the diameter of the bush reaches 80 cm, the leaves are whole, spherical, egg-shaped, the color of the leaves is gray-green, with a pronounced waxy coating on the surface. The head of a rounded-flat shape, weighing 2.5-4.0 kg, dense structure. The high-yielding variety, up to 65 t / ha, is intended for long-term storage. Under the condition of optimal storage, it is able to improve the taste qualities of herbicides introduced according to the scheme of the experiment: 1. Stomp, CE – 6.0 l/ha (before germination) + Targa Super, CE – 2.0 l/ha (regardless of the culture phase); 2. Proponit, CE – 2.0 l/ha (before germination) + Targa Super, CE 2.0 – l/ha (regardless of the culture phase); 3. Command, CE – 0.2 l/ha + Targa Super, CE – 2.0 l/ha (regardless of the culture phase); 4. Dual Gold, CE (standard) - 1.6 l/ha (up to seedlings of culture); 5. Control (without processing). **Results and conclusions.** As a result of the research, it was found that the use of pre-emergence herbicides Stomp, CE (6.0 l/ha) and Kommand, CE (0.2 l/ha) in combination with the anti-pollock herbicide Targa Super, CE (2.0 l/ha) successfully protected white cabbage crops, reducing the infestation of annual cereal weeds by 43-100%, annual dicotyledonous weeds by 52-79%. At the same time, they did not have a negative effect on the field germination of seeds and on the growth and development of cultivated plants. The yield of cabbage increased by 27.9-43.2%. The pre-emergence use of the herbicide Proponite, which negatively affects the field germination of cabbage, leads to reliable sparsity of sowing and reduces crop yield by 15.3%.

Keywords: seedless cabbage, annual weeds, herbicides, clogging, efficiency.

Citation. Gulin A.V., Kisileva G. N., Mukanov M.V. Efficiency of herbicides against annual weeds in white cabbage crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 134-142 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-16.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 632.954:632.51:635.342

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ ПРОТИВ ОДНОЛЕТНИХ СОРНЯКОВ В ПОСЕВАХ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ

А. В. Гулин, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. Н. Киселева, младший научный сотрудник

М. В. Муканов, младший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
г. Камызяк. Астраханская область, Россия*

Дата поступления в редакцию 27.06.2022

Дата принятия к печати 04.08.2022

Аннотация. Климатические условия Астраханской области являются благоприятными для выращивания ряда овощных растений, в частности капусты белокочанной, безрассадным способом, т.е. прямым посевом семян в почву. Этот способ имеет ряд преимуществ: исключая-

ются затраты на выращивание рассады в защищенном грунте и высадку рассады в грунт. Однако всходы в значительной степени угнетаются сорняками, поскольку для растений капусты в начальные периоды развития характерен замедленный рост. При этом сорняки наносят культурным растениям не только прямой вред, конкурируя с ними за свет, воду и питательные вещества, но и косвенный, т.к. сорняки являются резерватами для многих вредителей и болезней, например, крестоцветные блошки, мучнистая роса, пероноспороз и др., что сказывается на количестве и качестве урожая. Отсюда возникает необходимость заблаговременного проведения защитных мероприятий против сорняков, чтобы всходы появились на свободных от нежелательной растительности участках. Устранить конкуренцию со стороны сорных растений за свет, воду и питательные вещества – одна из главных задач сельхозпроизводителей, поэтому исследования по выявлению наиболее эффективных препаратов для защиты посевов, в частности капусты, от сорных растений являются актуальными. **Целью** наших исследований были испытание и подбор гербицидов, наиболее эффективно подавляющих однолетние сорняки в посевах капусты белокочанной безрассадной. Исследования проводили во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства - филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» расположенного в г. Камызяк Астраханской области в орошаемых условиях на аллювиально-луговых, легкосуглинистых почвах. Опытный участок под посев капусты размещался после прудов. Повторность опытов – четырехкратная. Площадь опытной делянки – 25 м², учетной – 20 м². **Объект** исследования – сорт капусты Амагер 611 селекции ВНИИСОК: позднеспелый, вегетационный период 148-177 суток. Розетка у растений – полураскидистая, диаметр куста достигает 80 см, листья цельные, шарообразно яйцевидной формы, окрас листьев серо-зеленый, с выраженным восковым налетом на поверхности. Кочан округло-плоской формы, массой 2,5-4,0 кг, плотной структуры. Сорт высокоурожайный, до 65 т/га, предназначен для длительного хранения. При условии оптимального хранения способен улучшать вкусовые качества. **Материалы и методы** Гербициды вносили согласно схеме опыта: 1. Стомп, КЭ – 6,0 л/га (до всходов) + Тарга Супер, КЭ – 2,0 л/га (независимо от фазы культуры); 2. Пропонит, КЭ – 2,0 л/га (до всходов) + Тарга Супер, КЭ 2,0 – л/га (независимо от фазы культуры); 3. Комманд, КЭ – 0,2 л/га + Тарга Супер, КЭ – 2,0 л/га (независимо от фазы культуры); 4. Дуал Голд, КЭ (эталон) - 1,6 л/га (до всходов культуры); 5. Контроль (без обработки). **Выводы.** В результате исследований, установлено, что довсходовые гербициды Стомп, КЭ (6,0 л/га) и Комманд, КЭ (0,2 л/га) в сочетании с противозлаковым гербицидом Тарга Супер, КЭ (2,0 л/га) успешно защищали посевы капусты белокочанной, снизив засоренность однолетними злаковыми сорняками на 43-100 %, однолетними двудольными сорняками – на 52-79 %. При этом не оказывали отрицательного влияния на полевую всхожесть семян и на рост и развитие культурных растений. Урожайность капусты увеличивалась на 27,9-43,2 %. Довсходовое применение гербицида Пропонит, КЭ отрицательно влияет на полевую всхожесть капусты, приводит к достоверной изреженности посева и снижает урожайность культуры на 15,3 %.

Ключевые слова: безрассадная капуста, однолетние сорные растения, гербициды, засоренность посевов капусты.

Цитирование. Гулин А. В., Киселева Г. Н., Муканов М. В. Эффективность гербицидов против однолетних сорняков в посевах белокочанной капусты *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 134-142. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В большинстве регионов России капуста выращивается рассадным способом. Но в условиях юга России и в частности в Астраханской области, средние, а в особенности поздние сорта капусты белокочанной зачастую выращивают безрассад-

ным способом, т.е. прямым посевом семян в почву. Этот способ имеет ряд преимуществ. Прежде всего, исключаются затраты на выращивание рассады в парниках и высадку рассады в грунт. Причем высадка поздних сортов (первая декада июня) часто происходит в условиях высоких (+35 °С и более) температур, что отрицательно сказывается на приживаемости рассады капусты и приводит к необходимости повторной посадки культурных растений. Однако при выращивании капусты белокочанной безрассадным способом всходы в значительной степени угнетаются сорняками, поскольку для растений капусты в начальные периоды развития характерен замедленный рост [3, 13]. При этом сорняки наносят культурным растениям не только прямой вред, конкурируя с ними за свет, воду и питательные вещества, но и косвенный, т.к. сорняки являются резерватами для многих вредителей и болезней, например, крестоцветные блошки, мучнистая роса, пероноспороз и др. Все эти обстоятельства в конечном счете сказываются на количестве и качестве урожая кочанов капусты.

Отсюда возникает необходимость заблаговременного проведения защитных мероприятий против сорняков, чтобы всходы капусты появились на свободных от нежелательной растительности участках.

Видовой состав сорной растительности орошаемых агроценозов Нижнего Поволжья отличается большим разнообразием. В нем насчитывается более 150 видов растений, относящихся к 34 семействам [6, 7, 12]. Среди них встречаются такие злостные сорняки, как марь (виды), канатник Теофраста, дурнишник обыкновенный, паслен черный, портулак огородный, щирица запрокинутая, гибискус тройчатый, солянка (виды), астра солончаковая, горец (виды), ежовники (виды), щетинники и др., несвоевременная борьба с которыми может существенно снижать урожайность большинства сельскохозяйственных культур [9, 14].

В условиях отсутствия защитных мероприятий против вредных объектов потери урожая овощных культур, по данным ряда авторов, могут достигать 30-40 % [1, 10].

В списке пестицидов, разрешенных для борьбы с сорняками, представлен широкий ассортимент гербицидов. Однако применение их по общероссийским регламентам зачастую не даёт ожидаемых результатов, что связано как с почвенно-климатическими условиями и спецификой орошаемого земледелия, так и с особенностями развития вредных объектов [2, 8, 11].

Актуальной остается и тема резистентности сорных растений к действующему веществу наиболее широко применяемых в сельском хозяйстве препаратов и их аналогов. Поэтому возникает необходимость сравнительного испытания уже разрешенных препаратов и адаптации регламентов их применения в конкретных природно-климатических условиях для наиболее эффективного их использования в зональных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Целью наших исследований было испытание и подбор гербицидов, наиболее эффективно подавляющих однолетние сорняки в посевах капусты белокочанной безрассадной.

Материалы и методы. Исследования проводили в орошаемых условиях Нижнего Поволжья на участках землепользования КФХ Прелов А. А. Камызякского района Астраханской области на аллювиально-луговых, легкосуглинистых почвах в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве (СПб., 2013) [5]. Повторность опытов – четырехкратная. Площадь опытной делянки – 25 м², учетной – 20 м².

Опытный участок под посев капусты чаще всего был после прудов. В качестве объекта исследования использовали сорт капусты Амагер 611 селекции ВНИИСОК, который выведен еще в 40-х годах прошлого века. Сорт позднеспелый с вегетационным

периодом 148-177 суток. Розетка у растения – полураскидистая. Диаметр куста достигает 80 см. Листья цельные, шарообразно яйцевидной формы. Окрас листьев серо-зеленый, с выраженным восковым налетом на поверхности. Кочан плотной структуры, округло-плоской формы, массой 2,5-4,0 кг. Сорт высокоурожайный, до 65 т/га, предназначен для длительного хранения. При условии оптимального хранения способен улучшать вкусовые качества.

Капусту сеяли обычно в конце первой декады мая. После образования 2-3 настоящих листьев посев прореживали, оставляя по 2 растения на 1 м², то есть густота стояния растений в среднем составляла до 20 тыс. растений на гектар.

Уход за растениями заключался в регулярных междурядных обработках и поливах с помощью капельного орошения для поддержания влажности почвы в пределах 80-85 % от НВ. Ручные прополки на опытном участке не проводились.

Тип засоренности опытных делянок однолетне-злаково-двудольный. Преобладающие сорняки: ежовник обыкновенный, канатник Теофраста, щирца запрокинутая, паслен черный, марь белая, горец птичий, горец почечуйный.

Гербициды вносили согласно схеме опыта.

1. Стомп, КЭ – 6,0 л/га (до всходов) + Тарга Супер, КЭ – 2,0 л/га (независимо от фазы культуры).

2. Пропонит, КЭ – 2,0 л/га (до всходов) + Тарга Супер, КЭ 2,0 – л/га (независимо от фазы культуры).

3. Комманд, КЭ – 0,2 л/га + Тарга Супер, КЭ – 2,0 л/га (независимо от фазы культуры).

4. Дуал Голд, КЭ (эталон) - 1,6 л/га (до всходов культуры).

5. Контроль (без обработки).

Первую обработку довсходовыми гербицидами (Стомп, КЭ, Пропонит, КЭ, Комманд, КЭ, Дуал Голд, КЭ) проводили сразу после посева семян капусты в грунт. Противозлаковый гербицид Тарга Супер, КЭ использовали по мере необходимости при зарастании посева однолетними злаковыми сорняками независимо от фазы культуры, обычно во второй половине июня по второй волне сорняков. Сорняки учитывали перед каждой обработкой, через 30, 45 дней и перед уборкой кочанов на четырех связанных учетных площадках по 0,25 м² на каждой делянке опыта. Оценка биологической эффективности препаратов вели относительно контроля без обработки [5, 15].

Капусту убирали однократно вручную в конце сентября-начале октября.

Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. [4].

Результаты и обсуждение. Довсходовое внесение гербицидов Стомп, КЭ (6,0 л/га), Комманд, КЭ (0,2 л/га) и Дуал Голд, КЭ (1,6 л/га) не оказывало отрицательного влияния на полевую всхожесть капусты сорта Амагер. На фоне вышеназванных гербицидов всхожесть семян капусты не отличалась от контрольной и находилась в пределах 88,1-91,4 %. Но при довсходовом использовании гербицида Пропонит, КЭ (2,0 л/га) всхожесть семян культуры снижалась в сравнении с контролем на 17-19 %.

Биометрические измерения, проводимые спустя 10-12 дней после завершения обработок посевов капусты гербицидами, свидетельствуют о том, что применяемые препараты в большинстве случаев не вызывали угнетения роста и развития культурных растений. Средняя высота растений к этому времени находилась в пределах 24-25 см, уступала контрольным на 2-3 см, а количество листьев (9,8-10,2 шт./раст.) превышало показатель контроля на 0,5-0,9 шт./раст. Отставание культурных растений в этих вариантах по высоте от контрольных объясняется вытягиванием стеблей в контроле из-за

высокой степени засоренности последнего. Лишь в вариантах с применением препарата Пропонит, КЭ отмечено угнетение роста и развития растений. Высота их в среднем составила 21,7 см, а количество листьев колебалось в пределах 8,3 шт./раст. Масса одного растения также не отличалась от контрольной (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние гербицидов на высоту растений, количество листьев и надземную массу капусты безрассадной, 2019-2020 гг.

Table 1 – Effect of herbicides on plant height, number of leaves and aboveground mass of cabbage, 2019-2020

Вариант / Option	Норма расхода препарата / The rate of consumption of the drug	Высота растений / Plant height		Количество листьев / Number of leaves		Масса 1 растения / Weight of 1 plant	
		см / cm	% к контролю / % to control	шт./раст./ pcs./rast. / %	% к контролю / % to control	г / g	% к контролю / % to control
1. Стомп, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Stomp, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	6,0 л/га + 2,0 л/га	24,6	90,4	10,0	107,5	91,7	103,7
2. Пропонит, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Proponite, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	2,0 л/га + 2,0 л/га	21,7	80,1	8,3	89,2	76,7	86,8
3. Комманд, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Command, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season)	0,2 л/га + 2,0 л/га	24,8	91,5	9,8	105,4	92,2	104,3
4. Дуал Голд, КЭ (эталон) – (до всходов) / Dual Gold, CE (standard) – (before germination)	1,6 л/га	25,2	93,0	10,2	109,7	89,8	101,6
5. Контроль без обработки / Control without processing	–	27,1	–	9,3	–	88,4	–
НСР _{0,05}	–	1,3	–	0,7	–	6,4	–

Против однолетних злаковых сорняков наиболее эффективным было сочетание довсходового применения гербицидов Комманд, КЭ (0,2 л/га) с опрыскиванием вегетирующих растений противозлаковым гербицидом Тарга Супер, КЭ (2,0 л/га) независимо от фазы культуры. Биологическая эффективность снижения количества сорных растений, по

сравнению с контролем, через 30 дней находилась в пределах 100 %. Причем защитный эффект этого варианта существенно превышал результативность эталона Дуал Голд, КЭ (1,6 л/га), где эффективность по действию на количество сорняков составляла 62,5 %. Активность довсходового внесения Пропонита, КЭ (2,0 л/га) и Стомпа, КЭ (6,0 л/га) в сочетании с опрыскиванием вегетирующих растений противозлаковым гербицидом Тарга Супер, КЭ (2,0 л/га) уступала лучшим вариантам, но заметно превышала эталон. Однако различия между вариантами опыта в большинстве случаев были недостоверными (таблица 2).

Спустя еще 2 недели эффективность гербицидов заметно уменьшилась и на всех опытных вариантах находилась в пределах от 62,8 до 77,9 % по количеству сорняков, но по-прежнему превышала уровень эффективности эталона Дуал Голд, КЭ (1,6 л/га).

Таблица 2 – Действие гербицидов на засоренность капусты безрассадной однолетними сорняками, 2019-2020 гг.

Table 2 – The effect of herbicides on the clogging of cabbage with annual weeds, 2019-2020.

Вариант / Option	Норма расхода препарата / The rate of consumption of the drug	Биологическая эффективность, % / Biological efficiency, % /					
		однолетние злаковые сорняки / annual cereal weeds			однолетние двудольные сорняки / annual dicotyledonous weeds		
		30 дней / 30 days	45 дней / 45 days	при уборке / during harvesting	30 дней / 30 days	45 дней / 45 days	при уборке / during harvesting
1. Стомп, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Stomp, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	6,0 л/га + 2,0 л/га	80,0	73,3	51,1	58,1	52,6	52,2
2. Пропонит, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Proponite, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	2,0 л/га + 2,0 л/га	91,3	77,9	59,6	77,4	78,9	69,6
3. Комманд, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Command, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season)	0,2 л/га + 2,0 л/га	100,0	62,8	42,6	64,5	63,2	60,9
4. Дуал Голд, КЭ (эталон) – (до всходов) / Dual Gold, CE (standard) – (before germination)	1,6 л/га	62,5	45,3	31,9	48,4	42,1	30,4
5. Контроль без обработки*/ Control without processing*	–	80,0	86,0	47,0	31,0	19,0	23,0
НСР _{0,05}	–	19,3	19,8	13,2	14,3	8,7	F _φ < F _{0,05}

*в контроле представлены данные о количестве сорняков, экз./м²

Численность однолетних двудольных сорняков в контрольном варианте через 30 дней после обработки составляла в среднем 31,0 экз./м². В вариантах с применением гербицидов она была ниже контрольной на 58,1-77,4 %. Через 45 дней эти показатели составили 52,6-78,9 %. При этом эффективность сочетания довсходового внесения гербицидов с противозлаковым гербицидом во всех случаях превышала активность эталона Дуал Голд, КЭ (1,6 л/га).

В дальнейшем на всех вариантах опыта наблюдалось сокращение биологической эффективности. К уборке урожая она находилась на уровне 30-70 %.

Наиболее эффективно в течение всего периода наблюдений сдерживали нарастание численности однолетних двудольных сорняков Комманд, КЭ и Пропонит, КЭ (таблица 2).

Снижение засоренности участков однолетними сорняками и, как следствие, развитие более мощного растения сказались на продуктивности капусты безрассадной (рисунок 1) за исключением варианта с применением гербицида Пропонит, КЭ, который отрицательно влиял на всхожесть культуры и в некоторой степени ингибировали рост растений (таблица 1).

Средняя масса кочанов на фоне гербицидов превышала показатель контроля на 8-36 %. Урожайность капусты выросла в сравнении с контролем на 37,9-43,2 %. Лучшие показатели получены в варианте с использованием довсходового внесения гербицида Комманд, КЭ (0,2 л/га) и противозлакового гербицида Тарга Супер, КЭ, где продуктивность растений была достоверно выше, чем в контроле на 43,2 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гербицидов на продуктивность капусты безрассадной

Table 3 – The effect of herbicides on the productivity of cabbage seedless

Вариант / Option	Норма расхода препарата / Consumption rate of the drug Average head weight	Средняя масса кочана / Average head weight		Урожайность / yield	
		кг / kg	% к контролю / % to control	т/га / t/ga	% к контролю / % to control
1. Стомп, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Stomp, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	6,0 л/га + 2,0 л/га	3,2	128,0	49,5	137,9
2. Пропонит, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Proponite, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season.)	2,0 л/га + 2,0 л/га	2,7	108,0	30,4	84,7
3. Комманд, КЭ (до всходов) + Тарга Супер, КЭ (в период вегетац.) / Command, CE (before germination) + Targa Super, CE (during the growing season)	0,2 л/га + 2,0 л/га	3,4	136,0	51,4	143,2
4. Дуал Голд, КЭ (эталон) – (до всходов) / Dual Gold, CE (standard) – (before germination)	1,6 л/га	3,1	124,0	45,9	127,9
5. Контроль без обработки / Control without processing	–	2,5	–	35,9	–
НСР _{0,05}	–	0,5	–	9,0	–

В вариантах с довсходовым применением гербицида Пропонит, КЭ + противозлаковый гербицид Тарга Супер, КЭ из-за изреженности посевов урожайность кочанов была меньше, чем в контроле на 15,3 %.

Выводы. Таким образом, довсходовое применение гербицидов Стомп, КЭ (6,0 л/га) и Комманд, КЭ (0,2 л/га) в сочетании с противозлаковым гербицидом Тарга Супер, КЭ (2,0 л/га) не оказывает отрицательного влияния на полевую всхожесть капусты безрассадной, ее рост и развитие, снижает засоренность посевов однолетними злаками на 43-100 %, однолетними двудольными сорняками на 52-79 %. Урожайность кочанов повышается на 27,9-43,2 %.

Довсходовое применение гербицида Пропонит, КЭ отрицательно влияет на полевую всхожесть капусты, приводит к достоверной изреженности посева и снижает урожайность культуры на 15,3 %.

Библиографический список

1. Алексеева А. Д., Пушкарев В. Г. Меры борьбы с вредными объектами в посевах капусты белокочанной // Современное состояние и инновационные технологии в развитии АПК и сельских территорий. Великие Луки, 2022. С. 3-5.
2. Берназ Н. И., Итков И. И. Гербициды на капусте при безрассадном способе выращивания // Картофель и овощи. 2018. № 8. С. 17-18.
3. Влияние гербицидов на засоренность томата многолетними сорняками в условиях орошения / Ш. Б. Байрамбеков, О. Г. Корнева, М. Ю. Анишко, Л. Г. Перова // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. Солёное Займище, 2019. С. 95-100.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
5. Комаров Е. В., Комарова О. П. Интегрированная защита растений: преимущества использования нехимических мер борьбы // Орошаемое земледелие. 2022. № 1 (36). С. 21-24.
6. Кончакивская Т. М. Потенциал защиты растений далеко не исчерпан // Защита и карантин растений. 2011. № 12. С. 8-12.
7. Корнева О. Г., Байрамбеков Ш. Б., Дубровин Н. К. Защита овощных культур от сорняков // Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 15-16.
8. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2013. 248 с.
9. Петунова А. А., Маханькова Т. А. Биолого-экологические основы совершенствования ассортимента гербицидов на сельскохозяйственных культурах // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности. Пушкино, 1995. С. 92-100.
10. Пушкарев В. Г., Иванов Д. А. Продуктивность капусты белокочанной при использовании средств защиты растений // Danish Scientific. 2021. № 49. С. 3-4.
11. Пушкарев В. Г., Котов В. А. Урожайность капусты белокочанной при использовании гербицидов // The scientific heritage. 2021. № 58-1(58). С. 17-18.
12. Соколов А. С. Технология возделывания сладкого перца на введенных в оборот залежных землях Астраханской области // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых. Астрахань, 2019. С. 53-56.
13. Ушаев И. Г., Маслова В. В., Чекалин В. С. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.
14. Широкова Е. В. Применение гербицидов на капусте. М.: Природообустройство полей, 2019. С. 249-250.
15. Agrotechnical and chemical methods of weeds control in the vegetable crop rotation link / S. B. Bairambekov, O. G. Korneva, E. V. Polykova, G. V. Gulyeva // Ecologi. Environment and Conservation. 2017. V. 23. № 3. P. 1684-1690.

Информация об авторах

Гулин Александр Владимирович ведущий научный сотрудник, директор ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», кандидат с.-х. наук (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) ORCID 0000-0003-4578-6177 e-mail:vniiob@mail.ru

Муканов Михаил Владимирович младший научный сотрудник, заведующий отделом агротехнологии и мелиорации ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) e-mail:vniiob@mail.ru

Киселева Галина Николаевна, младший научный сотрудник, ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) e-mail:vniiob@mail.ru

DETERMINATION OF BIOLOGICAL ACTIVITY AND TOXICITY OF SOIL IN SUGAR SORGHUM CROPS IN THE CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

E. N. Efremova¹, N. V. Tyutyuma², N. Y. Petrov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Precaspian Agrarian Federal Center of The Russian Academy of Sciences, Astrakhan region, Russia*

Received 11.05.2022

Submitted 08.09.2022

Summary

The article presents the results of studies on the biological activity and toxicity of soil in sugar sorghum crops. Dump and zero tillage, the use of mineral fertilizers and a biostimulator of growth were considered. The results of the studies showed that with an increase in biological activity, the toxicity of the soil decreased.

Abstract

Introduction. In the conditions of intensification of agriculture, among the numerous agrotechnical techniques, tillage plays a leading role in the formation of the crop. The positive effect of the introduction of intensive technologies can be achieved through the scientifically based application of energy-saving tillage systems. An urgent problem of the study is the justification of the use of intensive technologies for cultivating sugar sorghum using progressive methods of obtaining a highly productive crop based on the principles of resource conservation, biologization and ecologization. The purpose of the study: to study the toxicity and biological activity of the soil after sowing sugar sorghum. Tasks: to determine the biological activity and toxicity of the soil; comparative influence of agrotechnical techniques in the study of soil toxicity. **An object.** The object of research is sugar sorghum of the Debut variety, a biostimulator of growth and a mineral fertilizer. **Materials and methods.** In the field experiment, the cultivation of sugar sorghum by dump and zero tillage was studied. The experiments were carried out in the farm Popov S.A. Chernoyarsky district of the Astrakhan region. The research period is 2009...2015. The experience is two-factor in four-fold repetition. The biological activity and toxicity of the soil on sugar sorghum crops were determined at the beginning of the study (2009) and the last year of the study (2015), in order to more clearly change the structure of agro-soil aggregates and increase the impact of microbial activity on soil processes. **Results and conclusions.** Assessing the biological activity of the soil on the scale of Pryazhennikova O.E., the intensity of cellulose decomposition according to our experiments can be characterized as strong (from 50 to 80% decomposition). In the tillage variants, a general pattern of increasing soil toxicity was observed for zero tillage, the percentage of seed germination decreased and amounted to 75...77%. For all variants of the growth of the seedling, changes were observed, it was 93.5... 102.2%. In experiments on zero tillage, the percentage of wheat seedling length was 93.5...96.8%. In the conducted studies, the biological activity of the soil on the sowing of sugar sorghum was the highest on the option of using a biostimulator of growth and mineral fertilizer for zero treatment. The toxicity of the soil decreased, therefore, the accumulation of toxins decreased.

Key words: *sugar sorghum, soil toxicity, biological activity, biostimulator, mineral fertilizers, microorganisms.*

Citation. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Y. Determination of biological activity and toxicity of soil in sugar sorghum crops in the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 143-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-17.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.51:631.452

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ САХАРНОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Н. Ефремова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. В. Тютюма², доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
Н. Ю. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Прикаспийский Аграрный Федеральный центр Российской Академии наук,
Астраханская область

Дата поступления в редакцию 11.05.2022

Дата принятия к печати 08.09.2022

Актуальность. В условиях интенсификации земледелия среди многочисленных агротехнических приемов в формировании урожая обработке почвы отводится ведущая роль. Положительный эффект от внедрения интенсивных технологий может быть достигнут благодаря научно обоснованному применению энергосберегающих систем обработки почвы. Актуальной проблемой исследования является обоснование применения интенсивных технологий возделывания сахарного сорго с использованием прогрессивных приемов получения высокопродуктивного урожая, базирующегося на принципах ресурсосбережения, биологизации и экологизации. Цель – исследование токсичности и биологической активности почвы после посева сахарного сорго. Задачи: определить биологическую активность и токсичность почвы; сравнительное влияние агротехнических приемов при исследовании токсичности почвы. **Объект.** Объектом исследований являются сахарное сорго сорт Дебют, биостимулятор роста и минеральное удобрение. **Материалы и методы.** В полевом опыте было изучено возделывание сахарного сорго по отвальной и нулевой обработкам почвы. Опыты проводились в КФХ Попова С. А. Черноярского района Астраханской области. Период проведения исследований – 2009...2015 гг. Опыт двухфакторный в четырехкратной повторности. Биологическую активность и токсичность почвы на посевах сахарного сорго определяли в начале исследования (2009 г.) и последний год исследования (2015 г.) для более четкого изменения строения агропочвенных агрегатов и повышения воздействия деятельности микроорганизмов на почвенные процессы. **Результаты и выводы.** Оценивая биологическую активность почвы по шкале Пряженниковой О. Е., интенсивность разложения целлюлозы по нашим опытам можно характеризовать как сильную (от 50 до 80 % разложения). На вариантах по обработкам почвы наблюдали общую закономерность увеличения токсичности почвы по нулевой обработке почвы, процент всхожести семян понижался и составил 75...77 %. По всем вариантам проростка наблюдали изменения, оно составляло 93,5...102,2 %. На опытах по нулевой обработке почвы процент длины проростка семян пшеницы составил 93,5...96,8 %. В проведенных исследованиях биологическая активность почвы на посеве сахарного сорго наиболее высокая была на варианте применения биостимулятора роста и минерального удобрения по нулевой обработке. Токсичность почвы уменьшалась, следовательно, накопление токсинов снижалось.

Ключевые слова: сахарное сорго, токсичность почвы, биологическая активность почвы, биостимуляторы роста растений, минеральные удобрения.

Цитирование. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Определение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарного сорго в условиях Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 143-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-17.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Целесообразность возделывания сорго в засушливых регионах обусловлена его высокой урожайностью и универсальностью использования. Кормовые достоинства зелёной массы культуры не только приравниваются к кукурузе, но и превышают её. Однако в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья сорго занимает незначительную долю в структуре посевных площадей [4].

В настоящее время возделывание сорго изучают по всему миру. Были проведены исследования по оценке сохранения разнообразия на фермах и характеристик местных сортов сорго (*Sorghum bicolor*(L)) Moench в Восточном Харарге Эфиопии [9]. Изучали сравнительное влияние двух минеральных удобрений и трех органических удобрений на агроморфологические характеристики сорта сорго (*Sorghum bicolor* L.), возделываемого в коммуне Корого, республика Северный Кот-д'Ивуар [10].

Современной задачей в сельском хозяйстве является создание и изучение севооборотов и ресурсосберегающих обработок почвы – основных компонентов концепции земледелия, приспособленных к условиям перехода в рыночной экономике.

Одним из важнейших факторов, определяющих плодородие почвы, является биологическая и, в частности, активность и направленность микробиологических процессов. Тесная положительная связь между урожайностью сельскохозяйственных культур и биологической активностью почвы установлена многочисленными исследованиями [2, 6, 7].

Актуальной проблемой исследования является обоснование применения интенсивных технологий возделывания сахарного сорго с использованием прогрессивных приемов получения высокопродуктивного урожая, базирующегося на принципах ресурсосбережения, биологизации и экологизации.

Цель исследования: исследование токсичности и биологической активности почвы после посева сахарного сорго.

Задачи: определить биологическую активность и токсичность почвы; сравнительное влияние агротехнических приемов при исследовании токсичности почвы.

Материалы и методы. В полевом многолетнем стационарном опыте, заложенном осенью 2008 года, было изучено возделывание сахарного сорго по отвальной (рекомендованной научными учреждениями региона) и нулевой обработке почвы. В связи с тем, что область, в которой проводили исследования, относится к засушливым, с резко выраженной континентальностью, принято решение опыты закладывать с применением капельного орошения.

Предшественником сахарного сорго была озимая пшеница. Опыт – двухфакторный в четырехкратной повторности. Опыты проводились в КФХ Попова С. А. Черноярского района Астраханской области. Период проведения исследований – 2009...2015 гг.

Фактором А являются варианты:

1. Вариант: контроль – отвальная обработка почвы.
2. Вариант: нулевая обработка почвы.

Фактор В – биостимуляторы и минеральные удобрения, для повышения полевой всхожести и повышения роста вносились в начальные этапы развития.

Фактор В	Сахарное сорго
Вариант 1	Контроль (без биостимулятора и минеральных удобрений)
Вариант 2	Энерген Экстра*
Вариант 3	$N_{(азот)180}P_{(фосфор)120}K_{(калий)75}^{**}$
Вариант 4	Энерген Экстра+ $N_{(азот)180}P_{(фосфор)120}K_{(калий)75}$

*обработка семян сахарного сорго перед посевом биостимулятором Энерген Экстра – норма расхода препарата – 100...330 г/т. Предпосевная обработка семян. Расход рабочего раствора – 10 л/т.

**удобрения вносили в виде нитрофоски ($N_{36}P_{36}K_{36}$) одновременно с посевом, оставшуюся часть – в период вегетации растений с поливной водой. Внесение удобрений было расчетным на планируемую урожайность.

Энерген Экстра – микроудобрение, в состав которого входят аминокислоты, микроэлементы, витамины, гуминовые кислоты, фульвокислоты.

Определение биологической активности почвы проводили методом «аппликаций» в слое 0,0...0,3 м по методике Е. Н. Мишустина, А. Н. Петровой. С помощью метода льяных полотен судят об энергии мобилизационных процессов почвы. Определение токсичности почвы проводили методом биотестов в лабораторных условиях. В качестве тест – растения использовали 25 семян яровой пшеницы.

Результаты и обсуждение. Биологическую активность почвы на посевах сахарного сорго определяли в начале исследования (2009 г.) и последний год исследования (2015 г.), для более четкого изменения строения агропочвенных агрегатов и повышения воздействия деятельности микроорганизмов на почвенные процессы.

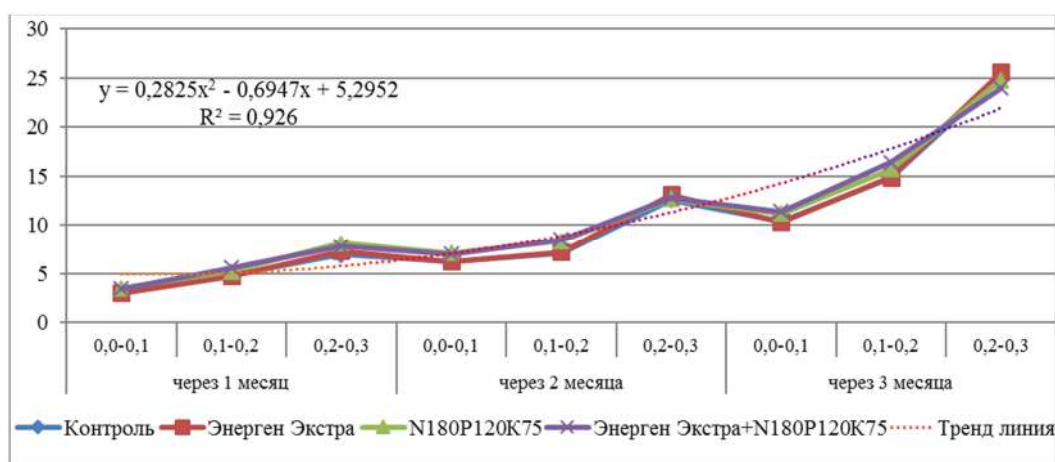


Рисунок 1 – Зависимость влияния фактора В на биологическую активность почвы на посевах сахарного сорго по отвальной обработке почвы, %, 2009 г.

Figure 1 – Dependence of the influence of factor B on the biological activity of the soil on sugar sorghum crops by dump tillage, %, 2009

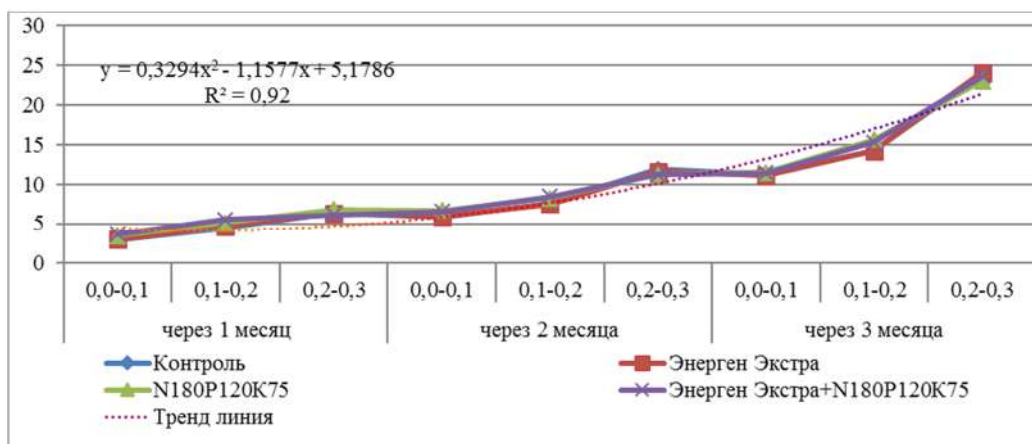


Рисунок 2 – Зависимость влияния фактора В на биологическую активность почвы на посевах сахарного сорго по нулевой обработке почвы, %, 2009 г.

Figure 2 – Dependence of the influence of factor B on the biological activity of the soil on sugar sorghum crops by zero tillage, %, 2009

Существенного различия биологической активности почвы по отвальной и нулевой обработкам почвы не наблюдали в первый год исследования (рисунки 1, 2). В 2009 г. в слое 0,0...0,3 м через 3 месяца процент разложения ткани составил 50,4...51,8 % и 49,2...50,3 % по отвальной и нулевой обработкам почвы.

На степень разложения льняного полотна оказывало влияние внесение минерального удобрения в почву. На вариантах, где присутствовало удобрение, процент разложения ткани был выше, т.к. удобрение увеличивало активность микроорганизмов.

Как видно степень разложения ткани по нулевой обработке почвы в первый год исследования (2009 г.) была ниже, т.к. в это время наблюдали уплотнение почвы, что вело к отсутствию воздуха в слое 0,0...0,3 м, следовательно, процесс размножения микроорганизмов замедлялся.

Повторное исследование, проведенное в 2015 г., биологической активности почвы на посевах сахарного сорго показали закономерность, что на скорость разложения льняного полотна оказывали влияние обработка почвы, минеральное удобрение и биостимулятор роста (рисунки 3, 4). При нулевой обработке почвы наблюдали активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

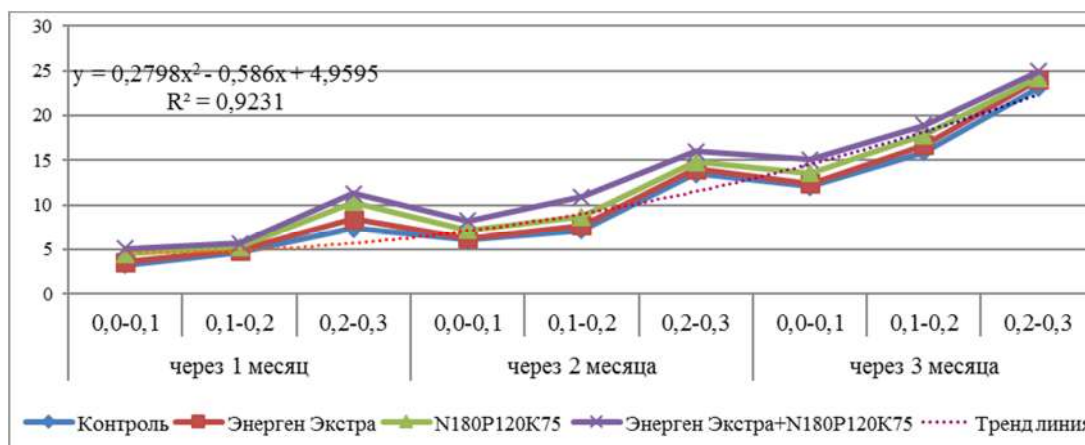


Рисунок 3 – Зависимость влияния фактора В на биологическую активность почвы на посевах сахарного сорго по отвальной обработке почвы, %, 2015 г.

Figure 3 – Dependence of the influence of factor B on the biological activity of the soil on sugar sorghum crops by dump tillage, %, 2015

Данные биологической активности почвы по сахарному сорго по отвальной обработке почвы, в зависимости от агротехнического приема, изменялись в пределах 15,4...58,9 %, по нулевой обработке – 17,8...67,5 % начиная с первого по третий месяц разложения ткани. Интенсивность разложения целлюлозы на варианте совместного использования биостимулятора роста и удобрения по нулевой обработке почвы составило 67,5 %. Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов по слоям почвы в зависимости от обработки почвы изменялась. По отвальной обработке почвы наибольшую активность наблюдали в слое 0,2...0,3 м, на почве, обработанной по нулевой обработке, увеличение активности микроорганизмов было в верхнем слое почвы 0,0...0,1 м.

На варианте нулевой обработки почвы интенсивность разложения полотна в слое 0,0...0,1 м характеризовалась как сильная, в последующих слоях – средняя. В связи с отсутствием обработки почвы содержание микроорганизмов в почве уменьшалось по мере углубления, т.к. снижалось содержание в почве подвижных форм питательных веществ и количество кислорода.

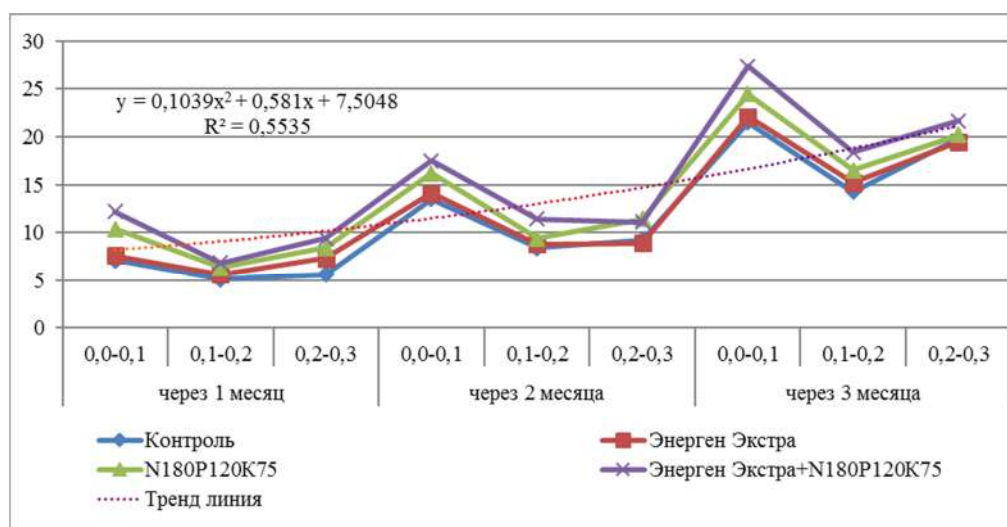


Рисунок 4 – Зависимость влияния фактора В на биологическую активность почвы на посевах сахарного сорго по нулевой обработке почвы, %, 2015 г.

Figure 4 – Dependence of the influence of factor B on the biological activity of the soil on sugar sorghum crops by zero tillage, %, 2015

Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов по отвальной обработке почвы квалифицировалось в слое 0,2...0,3 м как сильная. При отвальной обработке почвы в результате оборота пласта происходило различное распределение органических остатков возделываемых культур по профилю обрабатываемого слоя, что положительно влияло на минерализацию и вело к накоплению органического вещества.

На почвах, обработанных по нулевой обработке, скорость разложения льняного полотна была выше, что связано с процессом накопления гумуса, увеличением популяции микроорганизмов, дождевых червей и членистоногих. Нулевая обработка почвы позволяла увеличить плодородный горизонт за счет накопления органического вещества и его последующей гумификации.

Растительные остатки на поверхности почвы по нулевой обработки почвы создавали условия для сохранения продуктивной влаги, уменьшали скорость ветра, охраняли почву от прямого попадания капель дождя, снижали иссушение и перегрев почвы, повышали физические свойства почвы, что увеличивало биологическую активность.

Оценивая биологическую активность почвы по шкале Пряженниковой О. Е., интенсивность разложения целлюлозы по нашим опытам можно характеризовать как сильную (от 50 до 80 % разложения).

На основе данных исследования была установлена тесная корреляционная зависимость грибов на посевах мясopептонном агаре и степени разложения льняного полотна за 3 месяца в слое 0,0...0,3 м. Был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. Коэффициент корреляции имел положительное значение, связь между признаками была высокая и прямая – $R^2 = 0,9231$. Среднюю прямую корреляционную зависимость – $R^2 = 0,5535$ наблюдали на варианте по нулевой обработке почвы в 2015 г., следовательно, не выявлено преимущество одного из факторов на биологическую активность почвы.

Источник образования и поступления токсических веществ в почве — корневые выделения растений, послеуборочные растительные остатки и продукты метаболизма микроорганизмов. Наиболее интенсивно токсические вещества накапливаются при возделывании на одном месте однородных или близких по биологии культур и при создании в почве анаэробных условий [3, 5].

Как и многие свойства почвы, токсичность заметно меняется во времени. Наиболее сильно она проявляется в летне-осенний период (июль-сентябрь), поздней осенью и зимой она уменьшается, а к весне доходит до минимума. Исследования Е. Ф. Мерецкой показали на прямую зависимость длительности сохранения и концентрирования токсинов в почве от количественного и качественного состава микрофлоры [1, 8].

В наших исследованиях в качестве тест-культуры была выбрана яровая пшеница. Определяли всхожесть семян по всем вариантам опыта, длину проростка и его массу, также рассчитали прирост длины проростка относительно контроля (на фильтровальной бумаге) для определения эффективности использования агротехнических приемов.

Отбор проб проводили после уборки сахарного сорго. Первоначально влияние агротехнических приемов на токсичность почвы провели в 2009 г. Всхожесть семян относительно фильтровальной бумаги была ниже на всех вариантах обработок почвы (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние агротехнических приемов на биологическую токсичность почвы после посева сахарного сорго, %, 2009 г.

Table 1 - The effect of agrotechnical techniques on the biological toxicity of the soil after sowing of sugar sorghum, %, 2009

Фактор А	Фактор В	Всхожесть семян, %	Длина про- ростка, мм	Прирост, %	Абсолютно-сухая масса, г	
					всех про- ростков	одного проростка
Фильтровальная бумага (контроль)		92	110,3	100,0	0,299	0,013
Отвальная обработка почвы	Контроль	78	105,4	95,6	0,22	0,011
	Энерген Экстра	76	105,6	95,7	0,2	0,010
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	80	107,8	97,7	0,21	0,011
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	82	112,7	102,2	0,21	0,012
Нулевая обработка почвы	Контроль	75	103,1	93,5	0,20	0,01
	Энерген Экстра	74	103,7	94,0	0,20	0,01
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	76	104,4	94,7	0,21	0,010
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	77	106,8	96,8	0,21	0,011

На варианте с применением минерального удобрения заметна тенденция увеличения процента всхожих семян. Относительно варианта без применения удобрения увеличение составило 1...6 %. На вариантах по обработкам почвы наблюдали общую закономерность увеличения токсичности почвы по нулевой обработке почвы, процент всхожести семян понижался и составил 75...77 %.

По всем вариантам прироста проростка наблюдали изменения, они составили 93,5...102,2 %. Общая тенденция увеличения токсичности почвы на вариантах по нулевой обработке почвы сохранилась, и наблюдали по длине проростка семян пшеницы.

На опытах по нулевой обработке почвы процент длины проростка семян пшеницы составил 93,5...96,8 %.

Таким образом, наши наблюдения показали прямую зависимость всхожести семян и длины проростка тест-культуры от использования минерального удобрения и обработки почвы. Увеличение токсичности почвы по нулевой обработке почвы в первый год исследования было связано с создавшимися анаэробными условиями в пахотном

слое почвы, что способствовало накоплению в ней токсинов. Снижение всхожести семян, длины проростков семян доказывает наличие токсичных веществ. При снижении аэрирования почвы в ней начинают скапливаться частично окисленные продукты питания микроорганизменного метаболизма в форме нестойких базисных кислот, имеющих ядовитые вещества.

Повторное исследование влияния агротехнических приемов на показатели токсичности почвы проводили в 2015 г. По данным всхожести семян тест-культуры, длины проростка и абсолютно-сухой массы проростков на отвальной обработке почвы особой разницы не наблюдали относительно 2009 г.

Результаты по нулевой обработке почвы показали тенденцию в сторону увеличения процента всхожих семян тест-культуры и длины проростка относительно 2009 г. Увеличение всхожих семян по нулевой обработке почвы составило 5...15 % (таблица 2). Также наблюдали тенденцию увеличения прироста длины проростка – 6...14 %.

Применение минеральных удобрений обуславливало уменьшение в почве количества токсичных микроорганизмов. Эту закономерность можно наблюдать в нашем исследовании.

Таблица 2 - Влияние агротехнических приемов на биологическую токсичность почвы после посева сахарного сорго, %, 2015 г.

Table 2 - The effect of agrotechnical techniques on the biological toxicity of the soil after sowing of sugar sorghum, %, 2015

Фактор А	Фактор В	Всхожесть семян, %	Длина про- ростка, мм	Прирост, %	Абсолютно-сухая масса, г	
					всех про- ростков	одного проростка
Фильтровальная бумага (кон- троль)		92	110,3	100,0	0,299	0,013
Отвальная обработка почвы	Контроль	77	104,3	94,6	0,21	0,011
	Энерген Экстра	78	105,1	95,3	0,19	0,010
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	81	108,9	98,7	0,21	0,009
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅₀	82	111,3	100,9	0,21	0,010
Нулевая обработка почвы	Контроль	80	109,9	99,6	0,23	0,011
	Энерген Экстра	82	113,1	102,5	0,22	0,011
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	89	118,6	107,5	0,23	0,012
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅₀	92	122,2	110,8	0,23	0,012

По всем вариантам опыта при использовании минерального удобрения было заметно снижение токсичности почвы. Наиболее значимое снижение наблюдали при совместном использовании минерального удобрения и регулятора роста. По нулевой обработке почвы всхожесть семян тест-культуры составила 92 %, по отвальной обработке почвы – 82 %.

Токсичность почвы после сахарного сорго на варианте нулевой обработки почвы уменьшалась, увеличилась всхожесть семян, длина и абсолютно-сухая масса проростков. Данные по всхожести семян яровой пшеницы после посева сахарного сорго по отвальной обработке на варианте совместного применения удобрения и биостимулятора равнялась 82,0 %, длина проростков – 111,3 мм, абсолютно-сухая масса проростка на данном варианте была 0,21 г.

В результате исследования наблюдали закономерность уменьшения токсичности почвы при исследовании почвы по нулевой обработке. Показатели определения токсичности почвы увеличились, по сравнению с данными 2009 г., изменения наблюдали по всем вариантам данной обработки почвы.

Влияние обработки почвы, минерального удобрения и биостимулятора роста на всхожесть семян тест-культуры при исследовании токсичности почв после посева сахарного сорго представлено на рисунке 5.

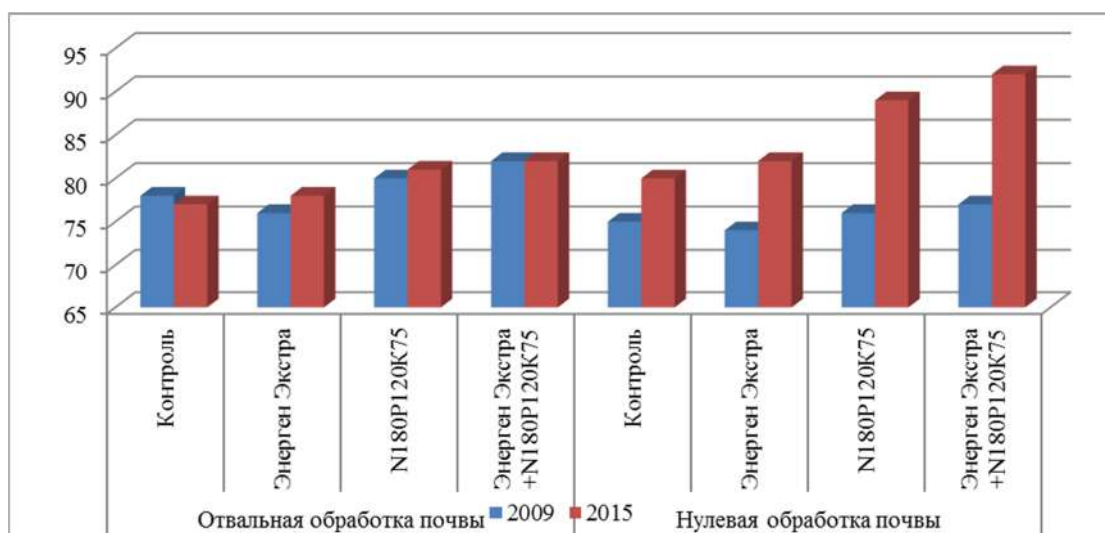


Рисунок 5 – Сравнительное влияние агротехнических приемов на всхожесть семян яровой пшеницы при исследовании токсичности почв после посева сахарного сорго, %

Figure 5 – Comparative effect of agrotechnical techniques on germination of spring wheat seeds in the study of soil toxicity after sowing of sugar sorghum, %

На варианте совместного применения удобрения и биостимулятора роста всхожесть семян показала в большей степени положительную динамику, составив 92,0 %, что на 10 % больше, чем по отвальной обработке, длина проростка на данном варианте была 122,2 мм, что составило 10,8 % прироста относительно контроля (фильтровальной бумаги).

Выводы. Таким образом, при наблюдении за токсичностью почвы в 2009 г. по нулевой обработке почвы из-за недостаточной аэрации почвы создавались условия, способствующие аккумуляции в ней токсинов, поэтому токсичность почвы увеличивалась. При накоплении растительных остатков по нулевой обработке почвы происходила их минерализация. В процессе разложения растительных остатков происходило образование и накопление в их составе гумусовых веществ и относительное уменьшение количества наиболее легкогидролизуемых компонентов органического вещества остатков. Токсичность почвы уменьшалась, следовательно, накопление токсинов снижалось.

В проведенных исследованиях биологическая активность почвы на посеве сахарного сорго наиболее высокая была на варианте применения биостимулятора роста и минерального удобрения по нулевой обработке. На целлюлозоразлагающую активность оказывало влияние использование биостимулятора роста, минерального удобрения, обработка почвы. Все данные факторы способствовали увеличению интенсивности разложения клетчатки. Активность целлюлозоразлагающей микрофлоры в значительной степени определяет интенсивность дальнейших процессов гумификации и минерализации органики.

Следует отметить, что с увеличением биологической активности, токсичность почвы понижалась. Комплексное применение рассматриваемых агротехнических приемов (нулевая обработка почвы, биостимулятор роста и минеральное удобрение) в сочетании дает возможность значительно уменьшить негативное воздействие накапливающихся токсинов в почве.

Оставленная на поверхности почвы мульча снижает скорость ветра и уменьшает испарение влаги. Внесенные в поверхностный слой минеральные удобрения и мульча создают благоприятные условия для деятельности микроорганизмов, что оказывает положительное влияние на питательный режим и гумусное состояние почвы, а также на культурный почвообразовательный процесс.

Библиографический список

1. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота / А. И. Волков, Н. А. Кириллов, И. В. Григорьева, Е. А. Соколова // Земледелие. 2017. № 5. С. 32-35.
2. Волков А. И., Кириллов Н. А. Эффективность нулевой обработки почвы в полеводческом севообороте // Сахарная свекла. 2018. № 9. С. 34-37.
3. Гармашов В. М., Гармашова Л. В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при минимизации обработки и прямом посеве // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2-1 (104). С. 145-148.
4. Даниленко Ю. П., Панина Л. В., Володин А. Б. Основные приёмы технологии возделывания сахарного сорго при орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1 (41). С. 184-190.
5. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Зенина Е. А. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло – каштановой почвы // Масличные культуры. 2018. № 4 (176). С. 107-111.
6. Матвиенко Е. В. Сорго как пищевая культура // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. №3. С. 12-15.
7. Перспективы "нулевой" обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в Волго-вятском регионе / А. И. Волков, Н. А. Кириллов, Л. Н. Прохорова, Л. Н. Куликов // Земледелие. 2015. № 1. С. 3-5.
8. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории европейской части Российской Федерации // Земледелие. 2017. № 2. С. 10-13.
9. Chala Tamiru On farm diversity conservation assessment and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces in Eastern Hararghe, Ethiopia // International Journal of Research in Agronomy. 2021. N 4 (2). P. 09-14.
10. Comparative effects of two mineral fertilizers and three organic manures on the agromorphological characteristics of a variety of sorghum (*Sorghum bicolor* L.), cultivated in commune of Korhogo, Northern Côte d'Ivoire / Siéné Laopé Ambroise Casmir, Kouame Konan, Coulibaly Lacina Fanlégué and Camara Brahim // International Journal of Research in Agronomy. 2021. N 4 (2). P. 55-61

Информация об авторах

Ефремова Елена Николаевна, заведующая кафедрой «Технологии производства, переработки продукции животноводства и товароведение» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-12-16, e-mail: Elenalob@rambler.ru

Тютюма Наталья Владимировна, директор ФГБНУ Прикаспийский Аграрный Федеральный центр Российской Академии наук (416251, Астраханская обл, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, тел. 8 (85149) -25-7-20, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

STUDYING THE AMINO ACID COMPOSITION OF VARIOUS TYPES OF GLUTEN-FREE FLOUR

A. I. Kabylda, G. S. Serikbay, M. S. Myktabaeva, A. S. Kazhybekova,
F.S. Sagyntay, N.J. Muslimov

*Astana branch of the Limited Liability Partnership
«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Kazakhstan, Nur-Sultan*

Received 17.06.2022

Submitted 29.08.2022

The authors express their gratitude for the financial support of the project "Development of gluten-free pasta technology based on domestic raw materials" within the framework of program-targeted financing of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR10764977).

Summary

There is a lot of information about the chemical composition of these cereals, but little data on the composition of gluten-free flour. Due to the fact that processes such as exfoliation and grinding significantly change the amount of nutrients, the characteristics of the resulting flour are of interest at subsequent stages of the study. The purpose of this study was to evaluate the amino acid composition of gluten-free flour from sorghum, corn, peas, buckwheat and rice and compare their nutritional properties.

Abstract

Introduction. This article shows the need to expand the range of specialized gluten-free products for patients with celiac disease. Celiac disease affects the intestinal mucosa of people who are sensitive to gluten, causing inflammation of the stomach. Therefore, for the formulation of gluten-free products, it is especially important to study the composition of raw materials, in particular, knowledge of the amino acid composition. Proteins entering the human body with food, under the action of digestive enzymes, are hydrolyzed to amino acids, from which, in the presence of enzymes, various proteins necessary for humans are formed. **Object.** The object of research are samples of gluten-free flour of various origins. **Materials and methods.** Grain products made of rice, corn, sorghum, chickpea flour were studied. All samples were grown on the territory of the Republic of Kazakhstan. The content of amino acids and the amount of protein in flour were to be determined. Qualitative determination of the amino acid content was carried out using the Kapel 105 capillary electrophoresis system. The weighted samples were formed at 0.5 g. Saline was added proportionally in a ratio of 1:1. The volume of saline was 10 ml. The mineralization process takes place within 16 hours at a temperature above boiling. The output volume of the filtrate was 50 µl. The filtrate was dissolved using sodium carbonate or phenylacetyl alanine with repeated immersion in «Kapel105». **Results and conclusion.** Amino acids are divided into essential and non-essential amino acids. Essential amino acids are considered very important for the human body, because the presence of essential amino acids in food indicates its nutritional value. Based on the analysis of the amino acid composition in the recipe of dry mixes for the production of gluten-free products, a method for the simultaneous use of two types of flour is indicated, since this allows you to balance the additional protein composition. As a result of the study, the amino acid composition of gluten-free flour varieties was studied. As raw materials, flour varieties of crops such as rice, corn, buckwheat, chickpeas, sorghum were taken and analyzed. It is established that each raw material has its own characteristics depending on the amino acid composition, respectively, in the future, the optimal grade of flour will be selected in the food recipe.

Key words: *gluten, celiac disease, gluten-free flour, protein, essential amino acids, interchangeable amino acids, nutritional value.*

Citation. Kabylda A. I., Serikbay G.S., Myktabayeva M.S., Kazhibekova A.S., Sagyntai F.S., Muslimov N.J. Studying of the amino acid composition of various types of gluten-free flour. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 153-161 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-18.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.11

ИЗУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ МУКИ

А. И. Кабылда, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта

М. С. Мыктабаева, магистр технических наук, научный сотрудник

Г. С. Серикбай, магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

А. С. Кажыбекова, бакалавр техники и технологии, научный сотрудник

Ф. С. Сагынтай, научный сотрудник

Н. Ж. Муслимов, научный сотрудник

*Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности»*

Дата поступления в редакцию 17.06.2022

Дата принятия к печати 29.08.2022

*Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта
«Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий на основе отечественного
сырья» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства
Республики Казахстан (BR10764977).*

Актуальность. В данной статье показана необходимость расширения ассортимента специализированных продуктов, не содержащих глютен, для больных с целиакией. Целиакия поражает слизистую оболочку кишечника людей, чувствительных к глютену, вызывая воспаление желудка. Поэтому для составления рецептуры безглютеновых изделий особенно важным является изучение состава сырья, в частности, знание аминокислотного состава. Белки, поступающие в организм человека с пищей, под действием ферментов органов пищеварения гидролизуются до аминокислот, из которых в присутствии ферментов образуются различные белки, необходимые человеку. **Объект.** Объектом исследований являются образцы безглютеновой муки различного происхождения. **Материалы и методы.** Исследовались зерновые изделия из муки рисового, кукурузного, соргового, нутевого зерна. Все образцы были выращены на территории Республики Казахстан. Определению подлежали содержание аминокислот, количество белка в муке. Качественное определение содержания аминокислот осуществлялось с использованием системы капиллярного электрофореза «Капел 105». Взвешенные пробы формировались на отметке 0,5 г. Физраствор пропорционально добавлялся в соотношении 1 : 1. Объем физраствора составлял 10 мл. Процесс минерализации происходил в течение 16 часов при температуре сверхкипения. Выходной объем фильтрата составлял 50 мл. Растворение фильтрата происходило с применением карбоната натрия или фенилацетила аланина с повторным погружением в «Капел 105». **Результаты и выводы.** Аминокислоты делятся на незаменимые и заменимые. Незаменимые аминокислоты считаются очень важными для человеческого организма, потому что наличие незаменимых аминокислот в пище указывает на его пищевую ценность. На основе анализа аминокислотного состава в рецепте сухих смесей для производства безглютеновых продуктов указан способ одновременного применения двух видов муки, так как это позволяет сбалансировать добавочный состав белка. В результате исследования был изучен аминокислотный состав безглютеновых сортов муки. В качестве сырья были взяты и проанализированы сорта муки таких культур, как рис, кукуруза, гречиха, нут, сорго. Установлено, что каждое сырье имеет свои особенности в зависимости от аминокислотного состава, соответственно в дальнейшем в пищевой рецептуре будет выбран оптимальный сорт муки.

Ключевые слова глютен, целиакия, мука без глютена, безглютеновая мука, незаменимые аминокислоты, заменимые аминокислоты, пищевая ценность муки.

Цитирование. Кабылда А. И., Мыктабаева А. С., Серикбай Г. С., Кажыбекова А. С., Сантыгай Ф. С., Муслимов Н. Ж. Изучение аминокислотного состава различных видов безглютеновой муки. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 153-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-18.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Целиакия – одно из наследственных заболеваний, которое возникает из-за неспособности человеческого организма переваривать некоторые виды злаков, провоцирует развитие в организме воспалительного процесса желудка и атрофию тонкого кишечника. Патология слизистой оболочки кишечника вызвана глютенным белком, содержащимся в некоторых злаках, поэтому болезнь целиакия развивается только у людей, потребляющих глютеносодержащие продукты с генетической непереносимостью этого белка. Существуют два основных периода, когда у человека возникает целиакия: в возрасте 1 года и в возрасте от 30 до 40 лет. Раньше считалось, что это заболевание встречается только в детском возрасте, но сегодня доказано, что в 15 % случаев у взрослых развивается целиакия. У женщин это заболевание встречается в два раза чаще, чем у мужчин.

Наследственная непереносимость глютена возникает у людей из-за пищи, которую они потребляют. Глютен приводит к атрофии организма и воспалению тонкой кишки, в связи с чем затрудняется всасывание веществ, необходимых для нормального функционирования организма.

Причины заболевания целиакией заключаются в том, что когда глютен попадает на слизистую оболочку кишечника, иммунная система начинает атаковать ткани кишечника, в результате чего они воспаляются и разрушаются (возникает аутоиммунная реакция).

Воспалительный процесс в кишечнике осложняется, когда пациент часто употребляет продукты, содержащие глютен. Иногда заболевание целиакией наблюдается у людей с другими хроническими и генетическими патологиями (например, первичный билиарный цирроз, аутоиммунный гепатит, сахарный диабет и другие заболевания) [1]. Помимо людей, которые вынуждены потреблять безглютеновые продукты, они также востребованы среди людей, которые хотят правильно питаться. В связи с этим необходимо расширение и развитие пищевой промышленности как с точки зрения прогресса в отборе ингредиентов и рецептур, так и с точки зрения отбора технологий производства конечной функциональной продукции [15]. У людей с непереносимостью глютена наблюдается дефицит различных питательных веществ, при этом в процессе разработки технологии возникают трудности иного характера [17, 18]. Например, с безглютеновым тестом работать сложнее, так как отсутствие глютена (адгезия) устраняет эластичность теста и слабая структура теста негативно влияет на качество продукта, в дальнейшем качественные показатели получаемого продукта могут быть низкими [11, 12]. Как правило, безглютеновые продукты характеризуются высокой крахмалистостью, меньшим количеством клейковины, меньшим сроком хранения или текстурными особенностями [14].

С этой целью проводятся обширные исследования в подборе рецептур между различными видами безглютеновой муки и дополнительными ингредиентами для получения продуктов, близких по качеству к пшенице, поскольку пшеница вводит в рацион человека незаменимые аминокислоты, минералы, полезные фитохимические вещества и пищевые волокна. Качество пшеницы в основном зависит от белка глютена, который влияет на образование вязкого, эластичного теста, а затем используется при производстве хлеба, макаронных изделий и других пищевых продуктов [6]. Тем не менее, есть ряд злаков, которые не содержат глютен, поэтому их можно широко использовать в диете, чувствительной к глютену.

Безглютеновая мука, часто используемая в промышленности, а также в исследовательских целях, является рисовой мукой. Рисовая мука является доступным источником питательных веществ. Рис содержит около 80 % крахмала, и его белки не считаются токсичными для пациентов с целиакией. Кукуруза выращивается во всем мире и занимает третье место после пшеницы и риса. Хотя кукуруза является источником многих микро- и макроэлементов, необходимых для метаболизма человека, содержание некоторых необходимых питательных веществ в ней недостаточно [2]. Кукуруза содержит ценный белок, пищевые волокна, необходимые витамины и минералы [7]. Гречка содержит жиры, заменимые и незаменимые аминокислоты, поли- и моносахариды, витамины, микроэлементы, культура имеет полезный состав. Она на 100 % входит в крупы, не содержащие глютена.

Бобовая мука обычно используется в безглютеновых продуктах благодаря питательным свойствам. Она является важным источником питательных веществ, таких как белки, сложные углеводы, клетчатка, микроэлементы и антиоксидантные соединения [16]. Нут – это бобовое растение, богатое белком и обладающее хорошими эмульгирующими свойствами. По этой причине нут увеличивает объем безглютенового продукта [10].

Сорго в последние десятилетия игнорировалось и в настоящее время не играет существенной роли в коммерческих продовольственных системах. Для оценки уровня использования этой культуры в пищевых продуктах были проведены ее зерноперерабатывающие и технологические исследования. В результате состав и пищевая ценность сорго примерно аналогичны кукурузе, но белки его менее усваиваются, чем кукурузная мука [3].

Если ориентироваться на актуальность научно-исследовательской работы, то на сегодняшний день впервые в Казахстане разрабатывается технология производства безглютеновых макаронных изделий. В частности, впервые в стране разрабатывается технология получения макаронных изделий из нетрадиционных источников сырья, сортов кукурузной, гречневой и рисовой муки, не содержащих глютенного белка. Данные исследования проводятся в Астанинском филиале Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности в рамках научного проекта «Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий на основе отечественного сырья» в рамках программного финансирования Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977) на 2021-2023 годы.

Материалы и методы. Для исследования использованы рисовая, кукурузная, гречневая, сорговая и нутовая мука из зерна, выращенного в Казахстане. Определено количество белка в безглютеновой муке и ее аминокислотный состав. Для количественного определения содержания аминокислот в готовом продукте использовали систему капиллярного электрофореза «Капел 105». Пробы взвешивались в количестве 0,5 г. К нему добавляли 10 мл раствора физраствора, приготовленного в соотношении 1 : 1. Проводили процесс минерализации его в течение 16 часов при 110 °С. Затем его отфильтровывали и сушили в сухом воздушном потоке, получая 50 мкл фильтрата (в вытяжном шкафу). В высушенный фильтрат реагенты, расщепляющие аминокислоты, помещали на 35 минут с добавлением карбоната натрия или фенилацетила аланина. Затем снова высушили. Затем растворили в 0,5 мл воды и опустили в «Капель 105». Полученные результаты рассчитываются программой Эльфаран. Биологическая полная ценность белка определялась путем расчета аминокислотного показателя, рассчитанного по формуле:

$$AC = \frac{AK_x}{AK_c} \times 100, \quad (1)$$

где AC – аминокислотный скор, %; AK_x – содержание аминокислот в белке, мг; AK_c – это количество аминокислот в стандартном белке ФАО / ВОЗ, мг.

Результаты и обсуждение. Аминокислоты, пептиды и белки являются важными составляющими пищевых продуктов. Помимо своей пищевой ценности, они придают блюду вкус и текстуру. Среднее содержание белка в пшеничной муке, часто использу-

емой для приготовления пищевых продуктов, составляет 12-15 %. По сумме массовых долей белка пшеничная мука по пищевой и биологической ценности уступает нутовой и сорговой муке.

Как видно из таблицы 1, нутовая мука (23,4 %) показала максимальное содержание белка. Наименьшее значение показали рисовая и кукурузная мука – 7,8 % и 7,3 %. Также этот показатель является относительно низким для сорго и гречневой муки (11,8 % и 12,6 %). Обширные изменения в составе белков обусловлены не только генетическими факторами, но и воздействием окружающей среды. Белок синтезируется во время плодоношения, а синтез крахмала начинается позже. Если условия выращивания в конце периода плодоношения хорошие, то выход крахмала будет высоким, но содержание белка будет относительно низким [5]. Каждый вид безглютеновой муки имеет свои особенности. Это зависит от того, является ли белок в его составе заменимым или незаменимым типом аминокислот. В сравнительной таблице 1 представлен состав аминокислот на 100 г различных безглютеновых сортов муки. По данным таблицы определяется пищевая ценность муки исходя из количества аминокислот, содержащихся в сырье, получаемом для получения безглютенового продукта. Среди сортов муки в таблице будут выбраны оптимальные сорта муки, которые в дальнейшем будут использоваться для получения различных безглютеновых продуктов. Ниже в таблице 1 представлен аминокислотный состав белка безглютеновой муки.

Таблица 1 – Аминокислотный состав белка безглютеновой муки

Table 1 – Amino acid composition of gluten-free flour protein

Аминокислоты, мг на 100 г	Рисовая мука	Кукурузная мука	Гречневая мука	Сорговая мука	Нутовая мука
Белок, %	7,8	7,3	12,6	11,8	23,4
Незаменимые аминокислоты	3546,28	3177,31	4559,96	7520,78	8474,4
валин	408,93	385,14	1325,65	891,99	508,03
изолейцин	360,65	305,23	474,23	1311,75	400,88
лейцин	878,23	1015,87	792,22	1458,67	1338,99
метионин	207,5	176,13	164,15	381,04	142,64
лизин	435,85	304,80	642,32	1475,84	2781,75
треонин	317,8	269,78	482,45	758,43	2091,88
фенилаланин	618,82	448,74	495,40	1012,19	499,90
триптофан	318,50	271,62	183,54	230,87	710,33
Заменимые аминокислоты	7335,87	5341,68	7540,81	10862,27	6696,85
аланин	531,36	580,13	712,56	948,28	1004,08
аргинин	1142,26	521,34	935,45	1596,04	389,23
аспарагиновая кислота	919,92	192,58	1079,23	2092,12	663,03
гистидин	362,11	356,23	295,6	826,16	252,78
глицин	588,59	481,15	981,36	845,24	290,66
глутаминовая кислота	2228,45	1854,01	1948,25	2037,78	2273,51
пролин	174,85	225,02	482,36	794,68	840,47
серин	415,20	321,45	652,32	929,2	476,72
тирозин	386,54	328,21	235,65	513,25	353,29
цистеин	586,59	481,56	218,03	279,52	153,08
Всего сумма	10 882,15	8518,99	12 100,77	18 383,05	15 171,25

Аминокислотный состав белка является одним из важнейших показателей, характеризующих его пищевую ценность [4]. Белки, поступающие в организм человека с пищей, под действием ферментов органов пищеварения гидролизуются до аминокис-

лот, из которых в присутствии ферментов образуются различные белки, необходимые человеку [13]. Исследование аминокислотного состава показало, что анализируемые виды муки содержат такие незаменимые аминокислоты, как валин, лизин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин.

Из таблицы видно, что их содержание преобладает в бобовой муке. Нут и мука сорго богаты лизином (2781,75 и 1475,84 мг / 100 г соответственно), лизин способствует усвоению кальция из пищи. Характерной чертой этих видов муки является высокое содержание глутаминовой кислоты (2228,45 для рисовой муки, 2037,78 мг/100 г для рисовой муки и 2273,51 г для гороховой муки), аспарагиновой кислоты (2092,12 мг/100 г для муки сорго, 1079,23 мг/100 г для гречневой муки и 919,92 мг/100 г для рисовой муки 100 г), а также высокое содержание аргинина (1596,04 мг/100 г-в торге и 1142,26 рисовой муке). В гречневой и сорговой муке высокое содержание глицина – 981,36 и 845,24 мг на 100 г соответственно, что в 3 раза выше, чем в нутовой муке.

В безглютеновой муке лейцин является незаменимой аминокислотой. Мука сорго и нута показала высокое содержание лейцина (1458,67 и 1338,99 мг/100 г соответственно), а самое низкое содержание было в гречневой муке (792,22 мг/100 г). Содержание метионина в безглютеновой муке было значительно ниже, чем в других видах аминокислот с 142,64 до 381,04. Известно, что лизин является аминокислотой, вырабатываемой в организме человека гормонами, ферментами и необходимой для синтеза белковых соединений, необходимых для работы жизненно важных систем [8]. Что касается его состава, то нутовая мука содержит 2781,75 %, затем от 642,32 до 1475,84 % сорго и гречневой муки.

В целом, в рисовой и кукурузной муке было меньше аминокислот. Рис и кукуруза по таблице 1 показали недостаток лизина. Напротив, гороховая мука показала самое высокое значение лизина. Соответственно, нутовую, сорговую, гречневую муку можно рассматривать как сырье с хорошим качеством белка по сравнению с другими исследованными видами муки.

Пищевая ценность белка определяется не только наличием в нем всех незаменимых аминокислот. Если все аминокислоты в нем находятся в оптимальном количестве и соотношении, то тогда белок будет полноценным. Белок продукта должен иметь не только состав незаменимых аминокислот, но и определенное соотношение заменимых и незаменимых аминокислот, в противном случае часть незаменимых аминокислот может быть использована для других целей [9]. На рисунке 1 ниже сравнивается содержание заменимых и незаменимых аминокислот в безглютеновой муке.

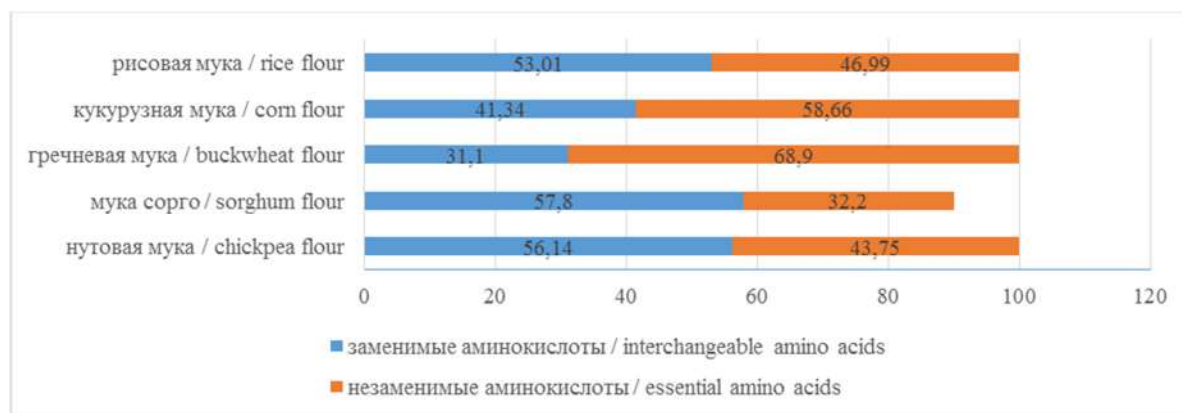


Рисунок 1 – Сравнение содержания заменимых и незаменимых аминокислот в безглютеновой муке

Figure 1 – Comparison of the content of interchangeable and essential amino acids in gluten-free flour

Одним из основных факторов, определяющих эффективность использования белка в организме человека, является баланс белка в составе незаменимых аминокислот. Баланс белка показывает, насколько плодороден полученный продукт. Поэтому путем сравнения аминокислот, содержащихся в белке, определяется его пищевая ценность. Если такое сравнение показывает, что значение любой аминокислоты составляет менее 100 процентов, это указывает на снижение биологической ценности белка и заставляет организм есть его большое количество, чтобы компенсировать потребность в определенных аминокислотах. Результаты анализа аминокислотного состава представлены в таблице 1. Оценка биологической ценности белка, полученного из безглютеновой муки, путем расчета скор аминокислоты по каждой незаменимой аминокислоте отражена на рисунке 2.

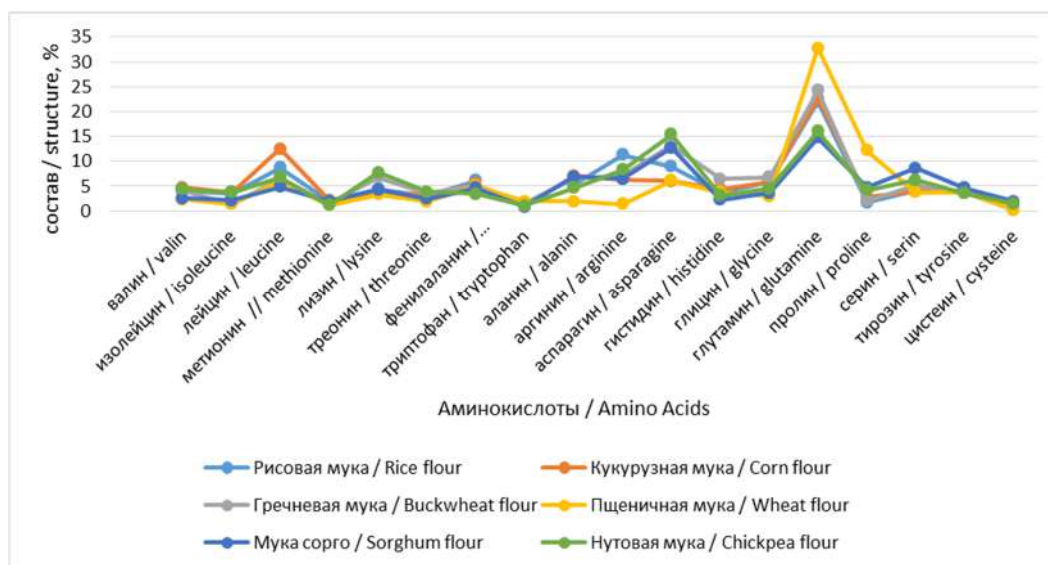


Рисунок 2 – СКОР аминокислот безглютеновой муки, %

Figure 2 – Score amino acid gluten-free flour, %

Анализируя рисунок 2, можно сделать следующие выводы: лимитирующей аминокислотой для рисовой муки является триптофан, для кукурузной муки – лейцин и триптофан, для гречневой муки – триптофан и валин. Из бобовых культур сорго содержит меньше фенилаланина, триптофана, лейцина и лизина. В основном это белки нутовой муки, хорошо сбалансированные по аминокислотному составу бобовых белков, лимитирующая аминокислота лейцин.

Анализируя данные, приведенные на рисунках 1 и 2, можем сделать вывод, что белковые вещества нута, сорго, кукурузной и гречневой муки имеют более высокую биологическую ценность, чем белки рисовой муки. Исходя из анализа соотношения аминокислотного состава, на наш взгляд, для производства безглютеновых макаронных изделий в рецепте сухих смесей целесообразно использовать одновременно два вида муки, так как это уравнивает дополнительный состав белка.

Выводы. В настоящее время наблюдается тенденция к решению сенсорных и технологических проблем с использованием нетрадиционной муки для улучшения качества безглютеновых продуктов.

Основная идея этого исследования заключалась в том, чтобы дать общий обзор различных видов безглютеновой муки и сосредоточиться на возможности использования других видов культур, таких как нут и сорго.

При составлении рецептов безглютеновых продуктов, помимо технологических свойств муки, необходимо учитывать их химический и аминокислотный состав. Пищевая ценность готовых безглютеновых продуктов должна быть близка к продуктам из пшеничной муки.

Установлено, что аминокислотный состав безглютеновой муки является высококачественным источником белка по сравнению с белками из гороха, сорго и гречневой муки из кукурузной и рисовой муки.

Таким образом, использование домашней безглютеновой муки с высоким содержанием белка и незаменимыми аминокислотами может быть очень полезным для оптимизации безглютеновой диеты и удовлетворения потребностей людей с целиакией и чувствительными к глютену.

Библиографический список

1. Батурина В. В. Современный ассортимент пищевых продуктов, предназначенных для больных целиакией // Экономическая среда. 2018. № 4 (26). С. 98-101.
2. Венецианский А. С., Кузнецова Е. А., Сердюкова Я. П. Повышение эффективности технологии производства макаронных изделий быстрого приготовления // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Т. 8. № 7В. С. 211-217.
3. Подколзина В. Г. Разработка технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий для больных целиакией // Наука будущего - наука молодых: сборник тезисов. Нижний Новгород: ООО "Инконсалт К", 2017. С. 35-37.
4. Половцева А. А., Наумцев О. Н., Борисова А. В. Использование кукурузной, рисовой и амарантовой муки в рецептуре безглютеновых кексов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 1 (373). С. 48-52.
5. Типсина Н. Н., Благодарнова Г. В., Туманова А. Е. Повышение пищевой ценности макаронных изделий при использовании гречневой, рисовой муки // Пищевая промышленность. 2021. № 3. С. 23-26.
6. Тыщенко Е. В. Обзор безглютеновых видов сырья и его использование в производстве продуктов питания // Конкурентоспособность территорий: материалы XXI Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2018. С. 103-105.
7. Черкасова Э. И., Егорычева А. А. Влияние дополнительного сырья на качество и пищевую ценность макаронных изделий // Наука без границ. 2020. № 6 (46). С. 24-28.
8. Щеколдина Т. В. Микробиальная и экологическая безопасность мучных смесей на основе киноа // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9 (150). С. 121-126.
9. Щеколдина Т. В. Физико-химические показатели качества безглютеновых мучных смесей // Теоретический и практический потенциал современной науки: сборник научных статей. М.: Издательство "Перо", 2019. С. 59-63.
10. Aguilar N., Albanell E., Miñarro B., Capellas M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread // LWT Food Sci. Technol. 2015. Issue 62. Pp. 225-232.
11. Bender D., Schonlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties // J. Cereal Sci. 2020. Issue 91. Pp. 102904.
12. Cappelli A., Oliva N., Cini E. A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies // Appl. Sci. 2020. Issue 10. P. 6559.
13. Caubet J. C. Current understanding of the immune mechanisms of food protein-induced enterocolitis syndrome // Expert Rev Clin Immunol. 2011. Issue 7. Pp. 317-327.
14. Demirkesen I., Ozkaya B. Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2020. Issue 1. P. 27.
15. Falguera V., Aliguer N., Falguera M. An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? // Food Control. 2012. Issue 26. Pp. 274-281.

16. Melini F., Melini V., Luziatelli F., Ruzzi M. Current and forward-looking approaches to technological and nutritional improvements of gluten-free bread with legume flours: A critical review // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2017. Issue 16. Pp. 1101-1122.

17. Saturni L., Ferretti G., Bacchetti T. The gluten-free diet: Safety and nutritional quality // Nutrients. 2010. Issue 2. Pp. 16-34.

18. Vici G., Belli L., Biondi M., Polzonetti V. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review // Clin. Nutr. 2016. Issue 35. Pp. 1236-1241.

Информация об авторах

Кабылда Анар Идашовна, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-7876-9368> Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби, 47, 010000, Республика Казахстан, anara121579@gmail.com

Серикбай Гульжанат Серикбаевна, магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-9569-5209>, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО, г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, gserikbaykyzy@inbox.ru

Мыктабаева Маншук Сабитовна, магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-9403-2465>, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", Г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, m.manshuk98@mail.ru

Кажыбекова Айдана Саниязовна, бакалавр техники и технологии, <https://orcid.org/0000-0002-0324-3492> научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, saniyazkyzy@inbox.ru

Сагынтай Маншук Сабитовна, магистр технических наук, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", г. Нур-Султан, Республика Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Алматы, пр. Гагарина, 238 «Г», 050060, Республика Казахстан, m.sagyntai@inbox.ru

Муслимов Нуржан Жумартович, доктор технических наук, член-корр. АСХН, <https://orcid.org/0000-0002-0302-2817> ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Алматы, пр. Гагарина, 238 «Г», 050060, Республика Казахстан, n.muslimov@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-19

ECONOMIC QUALITIES AND SEED PRODUCTIVITY OF SWEET PEPPER - SELECTION OF THE «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF IRRIGATED VEGETABLE AND MELON GROWING»

**O.P. Kigashpaeva, A.V. Gulin, A.S. Karakadzhiev,
V.Y. Dzhabrailova, L.P. Lavrova**

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch
of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 01.07.2022

Submitted 04.08.2022

Abstract

Introduction. The purpose of the research is to study the economic qualities and seed productivity of sweet pepper varieties created by breeders of the «All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing» and in demand both among the local population and outside the region. **Materials and methods.** The experiments were carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» according to generally accepted methods in 2019-2021. Eleven varieties of sweet pepper of three morpholog-

ical groups were studied, having a different fruit shape according to the characteristics: yield, average fruit weight and seed yield from 1 ton of products. **Results and conclusions.** In the group with cone-shaped fruits, 5 varieties were tested. In terms of yield, the best varieties were Zarnitsa (39.8 t/ha), Marble (38.9 t/ha); seed yield – Marble (14.5 kg/t), Classic (13.6 kg/t) and Gypsy Baron (13.4 kg/t); average fruit weight Zarnitsa – 106g. The group of samples with a cuboid – prismatic shape of the fruit included 3 varieties. The indicators of yield and fruit weight were the highest in the Professor Avdeev variety (45.4 t/ha and 175g, respectively); the seed yield was Novichok of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing (9.8kg/t), Dar Kaspiya (9.4 kg/t). In the group with tomato-shaped fruits, 3 varieties were studied. All the studied varieties showed high yield and seed yield: Atomor (47.7 t/ha; 15.6 kg/t), Lyudmila (43.5t/ha; 12.5kg/t) and Sprinter (41.4t/ha; 11.3 kg/t); average fruit weight, Atomor – 115g. The results of the study show that the seed productivity of each variety is individual and does not always depend on the yield and weight of the fruit. The work contains new knowledge and is relevant when planning the production of seeds of zoned varieties, and all the studied varieties are promising breeding material for the creation of new competitive varieties.

Key words: *sweet pepper, hybridization, selections, gendons, varieties, seed productivity, seed production, import substitution.*

Citation. Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Karakadzhiev A.S., Dzhabrailova V.Yu., Lavrova L.P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper - selection of the «All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 161-170 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-19.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.531.02:635.649(470.44/47)

ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КАЧЕСТВА И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРЦА СЛАДКОГО СЕЛЕКЦИИ ВСЕРОССИЙСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ОРОШАЕМОГО ОВОЩЕВОДСТВА И БАХЧЕВОДСТВА

О. П. Кигашпаева, кандидат сельскохозяйственных наук
А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук
А. С. Каракаджиев, младший научный сотрудник
В. Ю. Джабраилова, младший научный сотрудник
Л. П. Лаврова, младший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАНЦ РАН»*

Дата поступления в редакцию 01.07.2022

Дата принятия к печати 04.08.2022

Аннотация. Цель исследований – изучение хозяйственных качеств и семенной продуктивности сортов перца сладкого, созданных селекционерами Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства и пользующихся спросом как у местного населения, так и за пределами региона. **Материалы и методы.** Опыты проводили во ВНИИООБ – филиале ФГБНУ «ПАНЦ РАН» по общепринятым методикам в 2019-2021 годах. Изучали одиннадцать сортов перца сладкого трех морфологических групп, имеющих различную форму плода, по признакам: урожайность, средняя масса плода и выход семян с 1 тонны продукции. **Результаты.** В группе с плодами конусовидно-конической формы испытывали 5 сортов. По урожайности лучшими были сорта Зарница (39,8 т/га), Мраморный (38,9 т/га); выходу семян – Мрамор-

ный (14,5 кг/т), Классика (13,6 кг/т) и Цыганский барон (13,4 кг/т); средней массе плода Зарница – 106 г. Группа образцов с кубовидно-призматической формой плода включала в себя 3 сорта. Показатели урожайности и массы плода самыми высокими были у сорта Профессор Авдеев (45,4 т/га и 175 г соответственно); выходу семян – Новичок ВНИИОБ (9,8 кг/т), Дар Каспия (9,4 кг/т). В группе с плодами томатовидной формы изучали 3 сорта. Все изучаемые сорта показали высокую урожайность и выход семян: Атомор (47,7 т/га; 15,6 кг/т), Людмила (43,5 т/га; 12,5 кг/т) и Спринтер (41,4 т/га; 11,3 кг/т); средней массе плода – Атомор – 115 г. **Выводы.** По результатам изучения видно, что семенная продуктивность каждого сорта индивидуальна и не всегда зависит от урожайности и массы плода. Работа содержит новые знания и актуальна при планировании производства семян районированных сортов, и все изучаемые сорта являются перспективным селекционным материалом при создании новых конкурентоспособных сортов.

Ключевые слова: перец сладкий, гибридизация перца сладкого, сорта перца сладкого, семенная продуктивность перца сладкого.

Цитирование Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Каракаджиев А. С., Джабраилова В. Ю., Лаврова Л. П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 161-170. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из важнейших задач АПК Астраханской области является рост объема производства сельскохозяйственной продукции с целью улучшения обеспечения населения качественным сырьем. Астраханская область, являясь крупным поставщиком овощебахчевой продукции на юге России, имеет серьезные перспективы дальнейшего её наращивания. Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия предусматривает инновационное развитие отрасли, создание новых высокоурожайных, качественных сортов и гибридов F₁ (Астраханьстат, 2020) [3, 7]. Согласно Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства, обеспечение стабильности производства сельскохозяйственной продукции возможно за счет использования семян новых отечественных сортов и снижения уровня импортозависимости. Этот вопрос особенно стал важным в настоящее время с введением политических и экономических санкций иностранными государствами против Российской Федерации. (Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг., № 996 от 25.08.2017) [12]. Добиться экономической и продовольственной независимости возможно расширением ассортимента новых сортов и гибридов возделываемых сельскохозяйственных культур, повышением их урожайности, улучшением качества получаемой продукции и чистосортности семян [11]. Известно, что на формирование семян, то есть количество их завязывания, влияет много факторов, в том числе метеорологические, агротехнические условия и разнообразие почвенного покрова. Установлено, что при недостатке температуры и солнечной инсоляции количество незавязавшихся семян возрастает. Оптимальная температура для роста, развития и образования семян, в частности перца 25-27 °С. При температуре 32-38 °С, недостатке влаги цветки и завязи опадают, что снижает урожай семян. Астраханская область расположена в южной зоне Российской Федерации, и это обеспечивает высокую солнечную инсоляцию, более длительный период положительных температур. Сочетание этих условий с орошением способствует выращиванию овощных пасленовых культур, в том числе перца сладкого [2, 5, 9]. Одно из приоритетных направлений

селекционной работы Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – создание и внедрение в производство новых высокоурожайных, с большим содержанием витаминов сортов и гибридов перца сладкого, способных удовлетворить разнообразные запросы производителей, дачников и консервную промышленность. Культура перца сладкого относится к числу наиболее ценных, его плоды содержат большую группу витаминов, минеральных веществ, сахаров, в том числе аскорбиновую кислоту и каротин, что характеризует его как поливитаминный концентрат. Возделывание перца сладкого известных широко распространенных сортов, а также внедрение в производство новых высокоурожайных перспективных сортов перца сладкого для разных целей использования и категорий производителей является первостепенной задачей (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 г. – М., 2022) [1, 10].

Данные по выходу семян каждого отдельно взятого сорта – важная задача при планировании получения необходимого объема качественных семян в достаточном количестве (Доспехов Б. А. 1985) (Агапов А. С. – М., 1997) [4, 8].

Новизна работы заключается в изучении выхода количества семян как районированных, так и вновь созданных сортов.

Цель нашей работы – определить семенную продуктивность и хозяйственные качества различных сортов перца сладкого для использования этих данных при планировании производства семян и обеспечения производителей качественным семенным материалом определенных сортов.

Материалы и методы. Исследования проводились на полевом участке ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенного в г. Камызяк Камызякского района Астраханской области в 2019-2021 годах.

Рассаду перца сладкого выращивали в теплицах с пленочным укрытием на солнечном обогреве. Технология выращивания рассады и агротехника открытого грунта – общепринятые для условий Астраханской области при искусственном орошении (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989) [13]. Посев проводили сухими семенами по схеме 0,05х0,03 м без пикировки в первой декаде апреля. Почвосмесь состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя; уход – своевременные поливы, рыхление, прополки сорняков, подкормки минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды.

Высадка рассады в открытый грунт – во II декаде мая, схема посадки – 1.4 х 0.2 м. Почвы участка – аллювиально-луговые, среднесуглинистые, среднесолонные. Механический состав сравнительно однороден: в слое 0-0,20 м содержалось: гумуса – от 1,7 до 4,0 %, гидролизующего азота – от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора – от 28 до 45 мг/кг и обменного калия – от 250 до 400 мг/кг. Количество осадков за изучаемый период варьировало от 128 до 196 мм. Астраханская область – зона сильных ветров, достигающих 20 м/сек и более. Без орошения возделывание перца сладкого невозможно.

Мы использовали полив капельным способом. Сроки и нормы полива в течение вегетации устанавливались с учетом состояния растений, влажности почвы и метеоусловий. Предпосадочный полив проводили нормой 350 м³/га, послепосадочный – 70 м³/га, вегетационные поливы – от 70 до 250 м³/га. За период вегетации провели 28-32 полива, 2-3 культивации междурядий, 2-3 ручные прополки, 1-2 обработки препаратом Кораген от хлопковой совки, подкормки минеральными удобрениями (Коринец В. В. 2003) (Литвинов С. С. 2011) (Лудилов В. А., 2011) [6, 14].

За представленный период было проведено изучение хозяйственно ценных качеств и определена семенная продуктивность одиннадцати сортов, созданных селекционерами ВНИИООБ по следующим показателям: общая урожайность, средняя масса плода и выход семян с 1 тонны продукции.

Результаты и обсуждение. В 2019-2021 годах в отделе селекции и семеноводства ВНИИОБ испытание проходили сортообразцы перца сладкого, относящиеся к трем группам, различающимся формой плодов. Все представленные сорта внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ и, хотя Мраморный, Классика, Оранж Классик, Цыганский барон, Дар Каспия, Атомор, Новичок ВНИИОБ районированы уже более 15-20 лет, они продолжают пользоваться спросом наравне с новыми, районированными в 2018-2019 годах: Спринтер, Людмила, Профессор Авдеев, так же, как и новый сорт Зарница, внесенный в Госреестр с 2022 года.

В первой группе изучали пять сортов с плодами конусовидно-конической формы. Их плоды имеют разную интенсивность зеленой краски как в технической, так и в биологической спелости, сроки созревания, урожайность, массу плодов и количество завязывания семян:

- **Мраморный** – среднеранний, 115-120 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 50-55 см, полураскидистые. Плоды удлинненно-конической формы массой 70-110 г, в технической спелости – светло-желтые, в биологической – ярко-красные, толщина стенки – 4,5-5,5 мм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Перец сладкий сорт «Мраморный»

Figure 1 – Sweet pepper variety «Marble»



Рисунок 2 – Перец сладкий сорт «Зарница»

Figure 2 – Sweet pepper of the «Zarnitsa variety»

- **Зарница** – характеризуется ранним сроком созревания (105-110 суток), компактным кустом высотой 45-50 см, плодами удлинненно-конической формы, массой – 75-110 г, светло-желтой в технической и насыщенно красной окраской в биологической спелости, толщина стенки – 5,5-6,5 мм (рисунок 2).

- **Классика** – среднераннего срока созревания. (110-115 суток), куст невысокий, 40-45 см, плоды ровной конической формы, окраска в технической спелости – темно-зеленая, биологической – красная, средняя масса – 55-65 г, толщина стенки – 4,5-5,0 мм (рисунок 3).

- **Оранж Классик** – среднеспелый (115-120 суток), куст невысокий – 40-45 см, плоды ровной конической формы, окраска в технической спелости – темно-зеленая, биологической – оранжевая, средняя масса – 60-70 г, толщина стенки – 5,0-5,5 мм.



Рисунок 3 – Перец садкий сорт «Классика» / Figure 3 – Sadky pepper of the «Classic» variety

- **Цыганский барон** – среднепоздний (125-130 суток), куст невысокий – 45-50 см, плоды конической формы, темно-фиолетовой окраски в технической спелости и бордово-красной в биологической, средняя масса – 60-75 г, толщина стенки – 5,0-5,5 мм (рисунок 4).



Рисунок 4 – Перец сладкий сорт «Цыганский барон»

Figure 4 – Sweet pepper variety "Gypsy Baron"

На основании проведенных исследований видно, что лучшие показатели урожайности были у сортов Зарница – 39,8 т/га и Мраморный – 38,9 т/га, остальные испытываемые сорта этой группы показали урожайность от 31,0 т/га до 34,8 т/га. Самыми крупными плодами характеризовались сорта Зарница – 106 г и Мраморный – 102 г. Как видно из приведенных ниже данных, семенная продуктивность варьирует: от 14, 5кг/т (сорт Мраморный) до 11, 4 кг/т (сорт Зарница). Хорошие показатели выхода семян показали сорта Классика – 13,6 кг/т и Цыганский барон – 13,4 кг/т (таблица 1).

Плоды группы с конусовидно-конической формой можно использовать не только на салатные цели, консервирование, но и цельноплодное соленье, так как их форма оптимально подходит для этих целей.

При изучении сортов в группе с плодами кубовидно-призматической формы изучали три районированных сорта:

- **Дар Каспия** – среднепоздний, 130-135 суток от массовых всходов до начала созревания. Куст высотой 55-65 см, плоды кубовидные, темно-зеленой окраски в технической и насыщенно-красной – в биологической спелости, средняя масса плода – 80-130 г, толщина стенки – 5,5-6,5 мм.

Таблица 1 – Характеристика хозяйственных качеств и семенной продуктивности сортов перца сладкого с плодами конусовидно – конической формы

Table 1 – Characteristics of economic qualities and seed productivity of sweet pepper varieties with cone – shaped fruits

№ п/п	Название сорта	Средняя урожайность, т/га	Средняя масса плода, г	Выход семян, кг/т
1	Мраморный	38,9	102	14,5
2	Зарница	39,8	106	11,4
3	Классика	32,4	71	13,6
4	Оранже классик	34,8	68	12,9
5	Цыганский барон	31,0	67	13,4
	НСР ₀₅			5,05 %

- **Новичок ВНИИОБ** – среднеспелый, 115-120 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 50-55 см, полураскидистые. Плоды выровненной кубовидной или до слегка удлинённо-пирамидальной формы, гладкие, глянцевые массой 80 – 110 г, в технической спелости – светло-желтые, в биологической – ярко-красные, толщина стенки – 5,5-6,5 мм (рисунок 5).



Рисунок 5 – Перец сладкий сорт «Новичок ВНИИОБ»

Figure 5 – Sweet pepper variety «Novichok VNIIOB»



Рисунок 6 – Перец сладкий сорт «Профессор Авдеев»

Figure 6 – Sweet pepper of the «Professor Avdeev» variety

- **Профессор Авдеев** – среднеспелый (120-125 суток) от массовых всходов до начала созревания, куст высокий, 65-75 см, плоды кубовидно-призматической формы, средней массой 110-180 г (тип голландских гибридов) зеленой окраски в технической и желто-оранжевой в биологической спелости. Толщина стенки – 6,0-7,0 мм (рисунок 6).

Наиболее высокой семенной продуктивностью в этой группе характеризуются сорта Новичок ВНИИОБ – 9,8 кг и Дар Каспия – 9,4 кг, а наименьшей – сорт Профессор Авдеев – 6,8 кг с 1 тонны плодов, хотя и урожайность, и масса плодов сорта Профессор Авдеев самые высокие – 45,4 т/га и 175 г соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика хозяйственных качеств и семенной продуктивности сортов перца сладкого с плодами кубовидно – призматической формы

Table 2 – Characteristics of economic qualities and seed productivity of sweet pepper varieties with cuboid – prismatic fruits

№ п/п	Название сорта	Средняя урожайность, т/га	Средняя масса плода, г	Выход семян, кг/т
1	Дар Каспия	36,9	126	9,4
2	Новичок ВНИИОБ	38,9	102	9,8
3	Профессор Авдеев	45,4	175	6,8
	НСР ₀₅		-	4,02

Плоды сортов этой группы тоже предназначены на салатные цели, консервирование, но, благодаря кубовидно-призмовидной форме, они имеют преимущество при использовании консервными предприятиями на линиях с автоматической нарезкой плодов.

Третья группа сортов – с плодами томатовидной формы. В ней изучали три районированных сорта:

- **Атомор** – среднеранний до среднеспелого, 115-120 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения прямостоячие высотой 55-65 см, Плоды крупные, томатовидной до чалмовидной формы средней массой 70-110 г, но могут быть и до 150 г, в технической спелости – темно-зеленые, в биологической – желто-оранжевые, толщина стенки – 4,5-5,5 мм (рисунок 7).



Рисунок 7 – Перец сладкий сорт «Атомор»

Figure 7 – Sweet pepper variety "Atomor"



Рисунок 8– Перец сладкий сорт «Людмила»

Figure 8 – Sweet pepper variety "Lyudmila"

- **Людмила** – среднеранний, 115-120 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 50-55 см, полураскидистые. Плоды удлиненно-конической формы массой 70-110 г, в технической спелости – светло-желтые, в биологической – ярко- красные, толщина стенки – 4,5-5,5 мм (рисунок 8).

- **Спринтер** – среднеранний, 115-120 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 50-55 см, полураскидистые. Плоды удлиненно-конической формы массой 70-110 г, в технической спелости – светло-желтые, в биологической – ярко-красные, толщина стенки – 4,5-5,5 мм (рисунок 9).

Самыми высокими показателями характеризовался сорт Атомор: урожайность – 47,7 т/га, средняя масса плода – 115 г и выход семян –15,6 кг/т. Два других изучаемых сорта тоже показали хорошие результаты: у сорта Людмила урожайность составляла 43,5 т/га, средняя масса плода – 111 г, выход семян – 12,5 кг/т, а у сорта Спринтер – 41,4т/га, 107 г и 11,3 кг/т соответственно (таблица 3).



Рисунок 9 – Перец сладкий сорт «Спринтер» / Figure 9 – Sweet pepper variety «Sprinter»

Нужно отметить, что сорта этой группы, благодаря томатовидной форме плода, маленькой воздушной камере и толщине стенки от 0,8 до 1,2 см, имеют больший удельный вес, являются экономически выгодными для возделывания, так как требуют значительно меньше тары при сборе и транспортировке продукции.

Таблица 3 – Характеристика хозяйственных качеств и семенной продуктивности сортов перца сладкого с плодами томатовидной формы

Table 3 – Characteristics of economic qualities and seed productivity of sweet pepper varieties with tomato-shaped fruits

№ п/п	Название сорта	Средняя урожайность, т/га	Средняя масса плода, г	Выход семян, кг/т
1	Спринтер	41,4	107	11,3
2	Людмила	43,5	111	12,5
3	Атомор	47,7	115	15,6
	НСР ₀₅		-	3,1

Анализ данных изучения показал, что урожайность, масса плода и семенная продуктивность различаются как между группами, так и внутри них. Это можно объяснить генетической особенностью сортов, так как агротехнические и метеорологические условия выращивания для всех были одинаковые.

Выводы. Таким образом, анализируя полученные данные, можно отметить, что семенная продуктивность перца сладкого зависит не только от урожайности, формы и массы плода или условий их возделывания, но и от сортовых особенностей и является индивидуальной для каждого отдельно взятого сорта. Полученные результаты изучения хозяйственной ценности и семенной продуктивности сортообразцов перца сладкого содержат новые знания, актуальны и могут быть использованы при планировании производства семян районированных сортов семеноводческими хозяйствами и являются перспективным селекционным материалом при создании новых конкурентоспособных сортов. Использование плодов представленных сортов позволит расширить сортимент как для фермеров, дачников, так и перерабатывающих предприятий, что особенно важно в современных условиях, когда отрасль овощеводства, как и вся экономика страны, переживает влияние политических и экономических санкций иностранных государств.

Библиографический список

1. Гибриды перца сладкого для товарного производства / В. В. Огнев, Т. В. Чернова, А. Н. Костенко, Н. А. Полтавский // Картофель и овощи. 2018. № 10. С. 4-6.
2. Защита плодов сладкого перца от повреждений хлопковой совки / Ш. Б. Байрамбеков, Н. К. Дубровин, О. Г. Корнева [и др.] // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях: материалы II Междунар. науч. конф. Грозный: ЧГУ, 2020. С. 173-177.
3. Иванова В. М. Рост сельскохозяйственного производства, как фактор развития пищевой промышленности и пищевого рынка // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 8-11.
4. Лущик А. А. Оценка потребности в овощах в соответствии с рациональными нормами их потребления // Овощи России. 2019. № 2. С. 16-21.
5. Монахос Г. Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы // Картофель и овощи. 2017. № 3. С. 2-4.
6. Мягкова Е. Г. Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области // Вестник российского университета дружбы народов. 2021. № 1(16). С. 30-41.
7. Новые сорта перца для различных целей выращивания / А. Ю. Авдеев, О. П. Кигашпаева, Ф. К. Бажмаева, С. Т. Сисенгалиева // Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 9-10.
8. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, В. Ф. Пивоваров, М. В. Шатилов, М. И. Иванова, О. В. Россинская // Овощи России. 2019. № 2. С. 9-15.

9. Оценка адаптивности сортов и гибридов сладкого перца и баклажанов в условиях капельного орошения Астраханской области / Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко, Т. В. Мухортова, С. А. Койка // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2016. № 1 (26). С. 9-15.

10. Результаты и перспективы Астраханской селекции овощных и бахчевых культур / О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин, Р. Х. Капанова, С. А. Володина // Овощи России. 2021. № 6. С. 16-21.

11. Селекция перца сладкого для различных направлений использования / А. Ю. Авдеев, О. П. Кигашпаева, Ф. К. Бажмаева, С. Т. Сисенгалиева // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 6-9.

12. Ушачев И. Г., Чекалин В. В. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.

13. Элементы технологии возделывания овощных культур (томат, огурец, перец) в Астраханской области: монография / Ш. Б. Байрамбеков, В. Н. Бочаров, Н. Н. Киселева, Г. Ф. Соколова [и др.]. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. С. 40-52.

14. Brighton F., Matsulevich L. Morphological and organoleptic properties of a nutritious product - dried sweet pepper // Biotechnology. Agricultural industry. 2015. № 7. P. 98-99.

Информация об авторах

Кигашпаева Ольга Петровна, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-4578-6177 e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-6000-5311 e-mail: vniiob@mail.ru

Каракаджиев Алтынбек Сансызбаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), аспирант, ORCID 0000-0001-7572-3578 e-mail: vniiob@mail.ru

Джабраилова Вера Юрьевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Лаврова Лариса Петровна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-20

THE EFFECTIVENESS OF THE USE DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS UNDER THE CONDITIONS OF RAIN-FED AND IRRIGATED AGRICULTURE FOR CROPPING ROTATION IN THE STEPPE ZONE OF THE CENTRAL CAUCASIAN REGION

A.Z. Kushkhabiev, A.I. Sarbasheva, O.A. Batyrova

*Institute of Agriculture – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Center «Kabardino-Balkarian Scientific Center of the
Russian Academy of Sciences», Nalchik*

Received 09.06.2022

Submitted 01.09.2022

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (topic No. FMEW-2022-0049)

Abstract

Introduction. The article presents the results of research for the 7th rotation of crop rotation (2010-2019) in a long stationary experiment in 1948. According to the assessment of the use of different fertilizer systems, the soil of the experimental site is ordinary carbonate heavy loamy chernozem, the parent rock is micellar-carbonate loess-like loam of predominantly Aeolian origin. **Object.** The object of the

study were: winter soft wheat, corn, sunflower and alfalfa. The purpose of the research is to determine the effect of recommended and calculated mineral and organo-mineral fertilizers on the yield of winter wheat, corn, sunflower, alfalfa in the grain–grass crop rotation and the productivity of a hectare of ordinary carbonate chernozem arable land in rain-fed and irrigated conditions under various mineralogical indicators of the growing seasons, based on monitoring of the corresponding indicators for the period of 7 rotation in the crop rotation. **Materials and methods.** The experience is laid down in the form of a 10-full crop rotation on rain-fed and irrigated conditions, in a twofold repetition. Alternation of crops: alfalfa for hay 1 and 2 years of use, winter wheat, corn, corn, sunflower, winter wheat, corn, corn, winter wheat. **Results and conclusion.** Studies have found that the systematic use of different fertilizer systems has increased the yield of crop rotation crops. On average, during the rotation, the effect of using the recommended mineral fertilizer system (in the form of an increase in yield) for all crops, on rain and irrigation, respectively, was: 40-90 % and 59-93 %; the recommended organo-mineral system – 57-110 % and 89-116 %. The use of the calculated mineral fertilizer system in irrigated conditions provided an increase in crop yields by 70-103%, the calculated organo-mineral – 110-132%. Crop rotation productivity was also higher when using the recommended and calculated organo-mineral fertilizer systems for irrigation, respectively, 60.4 and 66.6 c.z. units/ha. The data obtained can be used to develop a model for the use of mineral and organic fertilizers and forecast crop yields.

Key words: *Central Caucasian region, long-term stationary experience, crop rotation, fertilizer systems, irrigation, crops, yield.*

Citation. Kushkhabiev A.Z., Sarbasheva A.I., Batyrova O.A. The effectiveness of the use of different fertilizer systems under the conditions of rain-fed and irrigated agriculture for cropping rotation in the steppe zone of the Central Caucasian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 170-180 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-20.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.81

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ БОГАРНОГО И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЗА РОТАЦИЮ СЕВООБОРОТА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

А. З. Кушхабиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

А. И. Сарбашева, старший научный сотрудник,

зав. лабораторией агрохимии и биологических исследований

О. А. Батырова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ

«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр

Российской академии наук», КБР, г. Нальчик

Дата поступления в редакцию 09.06.2022

Дата принятия к печати 01.09.2022

**Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках
Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский
научный центр Российской академии наук» (тема № FMEW–2022–0049)**

Актуальность. В статье представлены результаты исследований за 7 ротацию севооборота (2010–2019 годы) в длительном стационарном опыте 1948 г. по оценке применения разных систем удобрения. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, материнской породой является мицеллярно-карбонатный лессовидный суглинок преимущественно эолового происхождения. Объектом исследования явились: озимая мягкая пшеница, кукуруза, подсолнечник и люцерна. Цель исследований – определить влияние рекомендуемых и расчетных ми-

неральных и органоминеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника, люцерны в зернотравяно-пропашном севообороте и продуктивность гектара пашни чернозема обыкновенного карбонатного в богарных и орошаемых условиях при различных минералогических показателях вегетационных периодов, исходя из мониторинга соответствующих показателей за период 7 ротации в севообороте. **Материалы и методы.** Опыт заложен в виде 10-польного севооборота на богаре и орошаемых условиях, в двукратном повторении. Чередование культур: люцерна на сено 1 и 2 года пользования, озимая пшеница, кукуруза, кукуруза, подсолнечник, озимая пшеница, кукуруза, кукуруза, озимая пшеница. **Результаты и выводы.** Исследованиями установлено, что систематическое применение разных систем удобрения повысило урожайность культур севооборота. В среднем за ротацию эффект от применения рекомендуемой минеральной системы удобрения (в виде прибавки урожая) по всем культурам, на богаре и при орошении соответственно, составил: 40-90 % и 59-93 %; рекомендуемой органоминеральной системы – 57-110 % и 89-116 %. Использование в орошаемых условиях расчётной минеральной системы удобрения обеспечило повышение урожайности культур на 70-103 %, расчётной органоминеральной – 110-132 %. Продуктивность севооборота также была выше при применении рекомендуемой и расчётной органоминеральных систем удобрения при орошении, соответственно, 60,4 и 66,6 ц. з. ед./га. Полученные данные могут быть использованы для разработки модели использования минеральных и органических удобрений и прогноза получения урожаев сельхозкультур.

Ключевые слова: Центральное Предкавказье, севообороты, системы удобрения, орошение сельхозкультур, богарное земледелие.

Цитирование. Кушхабиев А. З., Сарбашева А. И., Батырова О. А. Эффективность применения разных систем удобрения в условиях богарного и орошаемого земледелия за ротацию севооборота в степной зоне Центрального Предкавказья. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 170-180. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-20.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многолетний полевой опыт был заложен в 1948-1950 гг. на Мало-Кабардинской опытно-оросительной станции Терского района Кабардино-Балкарии, профессором П. Е. Простаковым, научная деятельность которого была посвящена изучению динамики запаса влаги и режима питательных веществ в почвах Северного Кавказа и проблемы их регулирования (Простаков П. Е., *Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа*, Том 1, 2. 1964).

Данный стационарный опыт внесен в Географическую сеть опытов, регистрационный номер № 037 и является одним из старейших в истории опытов с удобрениями на Северном Кавказе (Романенков В. А. и др. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и др. агрохимическими средствами РФ, 2002).

Географическая сеть опытов была создана по инициативе академика Д. Н. Прянишникова в 1941 году с целью мониторинга воздействия агрохимических средств на плодородие почв, продуктивность и качество сельхозкультур, экологические последствия их применения и т.д. Координация работы Геосети, схемы опытов и методических указаний по их проведению были возложены на Всесоюзный институт удобрений и агропочвоведения (ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова), которая включает опыты свыше 40 научно-исследовательских институтов [5, 9].

Стационарный опыт с удобрениями – это полевой опыт с систематическим внесением удобрений в севообороте. Стационарный опыт проводится на специально выделенном участке. Особенно ценны в научном и практическом плане длительные стационарные опыты, продолжающиеся более одной ротации севооборота. В них изучается воздействие длительного применения удобрений на урожайность культур и качество

сельскохозяйственной продукции, плодородие почвы, анализируется влияние степени окультуренности почвы на эффективность удобрений, устанавливаются оптимальные параметры агрохимических свойств почвы [2, 3].

Многочисленные исследования, проводимые в системе Геосети, показали, что длительное применение удобрений и средств химизации в оптимальных дозах приводят к накоплению и перераспределению необходимых для роста растений элементов питания, улучшению свойств почвы и повышению почвенного плодородия [6, 7].

Длительный стационарный опыт, проводимый на опытных участках ИСХ КБНЦ РАН, показывает, что научно обоснованное применение минеральных, органических удобрений и мелиорантов, совместно с химическими средствами защиты растений, способствует направленному регулированию плодородия почв, повышению урожайности и, соответственно, продуктивности севооборотов.

Материалы и методы. Опыт заложен в виде 10-польного севооборота на богаре и орошаемых условиях, в двукратном повторении. Проводится с целью изучения эффективности разных систем удобрения, изменения урожайности культур, продуктивности пашни, динамики пищевого и водного режимов почвы и показателей ее плодородия (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.). Площадь опытного севооборота составляет 1 га.

В 1-й ротации опыта наблюдения за водным и пищевым режимом почвы проводили под следующими культурами полевого севооборота: чёрный пар, озимая пшеница, люцерна первого года пользования, люцерна второго года пользования, яровая пшеница, хлопчатник, овёс, картофель летней посадки, кукуруза, озимый ячмень. С начала 2-й ротации по настоящее время в опытных севооборотах возделывали четыре культуры: кукурузу на зерно (4 поля или 40 %), озимую пшеницу (3 поля или 30 %), люцерну на сено (2 поля или 20 %), коноплю на зеленец (1 поле или 10 %) до 1976 г. включительно. С 1977 г. вместо конопли в севооборот было введено поле подсолнечника. Агротехника возделывания полевых культур соответствовала зональным рекомендациям. В связи с потеплением климата производилось по два вегетационных полива кукурузы поливными нормами 680–550 м³/га, два вегетационных полива люцерны – 730–580 м³/га, один вегетационный полив подсолнечника – нормой 400 м³/га. С 2010 г. началась 7-я ротация севооборота [4, 10].

Схема опыта и дозы удобрений под культуры представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Дозы удобрений в неорошаемом севообороте (минеральные, кг/га д.в., навоз, т/га)

Table 1 – Doses of fertilizers in non-irrigated crop rotation (mineral, kg/ha a.s., manure, t/ha)

№ поля	Чередование культур	Без удобрений	Система удобрения						
			рекомендуемая						
			минеральная			органоминеральная			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Люцерна 1 г.	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Люцерна 2 г.	-	60	-	-	-	60	-	-
3	Оз. пшеница	-	90	90	60	-	60	60	30
4	Кукуруза	-	90	90	90	20	60	60	60
5	Кукуруза	-	90	90	60	20	45	60	30
6	Подсолнечник	-	90	90	30	20	45	60	30
7	Оз. пшеница	-	90	90	60	-	60	60	30
8	Кукуруза	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Кукуруза	-	90	90	90	20	45	60	30
10	Оз. пшеница	-	90	90	60	-	60	60	30
Всего за севооборот		-	690	630	450	80	435	420	240
На 1 га пашни		-	69	63	45	8	44	42	24
Уровень удобренности севооборота		0	177			207			

Таблица 2 – Дозы удобрений в орошаемом севообороте (минеральные, кг/га д.в., навоз, т/га)

Table 2 – Fertilizer doses in irrigated crop rotation (mineral, kg/ha, manure, t/ha)

№ поля	Чередование культур	Без удобрений	Система удобрения														
			рекомендуемая						расчётная								
			минеральная			органо-минеральная			минеральная			органо-минеральная					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	Люцерна 1 г.	-	-	-	-	-	-	60	60	---	---	---	40	---			
2	Люцерна 2 г.	-	-	-	-	60	-	-	60	---	---	---	60	---			
3	Оз. пшеница	-	90	60	-	60	60	30	100	80	60	---	60	40	---		
4	Кукуруза	-	90	90	90	20	60	60	200	80	80	30	130	40	---		
5	Кукуруза	-	90	60	60	20	45	60	200	80	70	30	120	40	---		
6	Подсолнечник	-	90	30	30	20	45	60	130	60	100	30	70	40	70		
7	Озимая пшеница	-	90	90	60	-	60	60	130	80	70	---	90	40	---		
8	Кукуруза	-	-	-	-	-	-	-	200	80	80	30	130	40	---		
9	Кукуруза	-	90	90	90	20	45	60	200	80	70	30	120	40	---		
10	Озимая пшеница	-	90	90	60	-	60	60	130	80	70	---	90	40	---		
Всего за севооборот		-	690	630	450	80	435	420	1410	680	600	150	870	360	70		
На 1 га пашни		-	69	63	45	8	44	42	141	68	60	15	87	36	7		
Уровень удобрённости севооборота		0	177			207			269			310					

Со 2-й ротации под культуры севооборота применяли рекомендуемые минеральные и органо-минеральные системы удобрения, используемые в опыте по настоящее время. Расчётные системы удобрения (варианты 7 и 8) ввели в схему опыта в 1986 г. методом расщепления делянок для повышения продуктивности орошаемого севооборота и воспроизводства плодородия орошаемой почвы. Расчёт доз удобрений был произведен на основе балансового метода с учётом собственных экспериментальных данных [1, 8, 11]. После расщепления площадь опытной делянки составила 166,5 м². Учетная площадь изменялась от 52,8 до 67,2 м² в зависимости от культуры. Количество вариантов в опыте – 100. Количество делянок – 200.

Опыт включен в Реестр длительных опытов, исследования координируются Географической сетью опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации и проводятся согласно классическим методам (Панников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями, Ч. 1,2. 1975, 1983). Ежегодно отчёты о НИР представляются в Географическую сеть, где пополняется Федеральная база данных.

Севооборот – зернопропашной, десятипольный. Число культур – 4. Чередование культур: люцерна на сено 1 и 2 года пользования, озимая пшеница, кукуруза, кукуруза, подсолнечник, озимая пшеница, кукуруза, кукуруза, озимая пшеница.

Результаты и обсуждение. Главной причиной неустойчивости урожаев, валовых сборов зерна и другой сельскохозяйственной продукции, как показывают многочисленные исследования, является засушливость климата степной зоны Центрального Предкавказья. Температурный режим, сумма осадков и другие природные факторы оказывают значительное влияние на рост, развитие и урожайность всех культур неорошаемого севооборота.

Сравнивая показатели среднесуточной температуры воздуха за 2010–2019 гг. с показателями за 60-летний период (1950–2010 гг.), видим, что они на 10-19 % выше средних. Так, среднесуточная температура воздуха за годы ротации составила 10,5 °С при показателе среднесуточной температуры воздуха за 60 лет – 10,1 °С. Для каждого месяца вегетационных периодов в 2010–2019 гг. отмечено превышение температуры в сравнении со средними многолетними показателями за 60 лет на 0,8-2,8 °С. Что касается относительной влажности воздуха, её средние показатели за 2010–2017 гг. помесечно и в среднем за год значительно меньше средних показателей за 60-летний период. Такие климатические изменения свидетельствуют об ужесточении условий возделывания полевых культур в богарном земледелии в сравнении с предыдущими десятилетиями (485,0 мм).

Озимая пшеница в опыте занимает до 30 % в структуре посевов и является одной из основных зерновых культур. В результате исследований было отмечено, что урожайность озимой пшеницы Южанка (2010–2012 гг.), Васса (2013, 2014 гг.), Южанка (2015, 2016 гг.) и Чегет (2017–2019 гг.) в контрольном варианте без внесения удобрений в богарном севообороте изменялась по годам от 17,7 до 29,7 ц/га при средней урожайности за 10 лет – 23,5 ц/га, что превышало среднюю урожайность культуры за предыдущие годы исследований в ротациях севооборота на 2,9-8,8 ц/га (табл. 3). Это зависело от сортосмены и потенциальных возможностей новых сортов пшеницы, способных в неблагоприятных условиях минерального питания формировать большие урожаи.

Внесение рекомендуемой дозы минеральных удобрений – N₉₀P₉₀K₆₀ – увеличило урожайность озимой пшеницы в среднем за 10 лет исследований в 1,9 раза по сравнению с контролем, и составляла 44,7 ц/га (вариант 2). Последствие систематического внесения навоза под пропашные культуры совместно с минеральными удобрениями под озимую пшеницу – N₉₀P₉₀K₆₀ – по сравнению с минеральным фоном обеспечило

среднюю прибавку урожайности 5,0 ц/га при среднем урожае 49,4 ц/га. Урожайность озимой пшеницы в варианте 3 за период ротации изменялась от 31,5 (2012) в сухой год до 65,1 ц/га во влажный год (2014).

В условиях богарного земледелия возделывание пропашных культур всегда рискованно. В засушливые годы – 2015 и 2017 – климатические условия для кукурузы и подсолнечника благоприятно складывались до середины вегетации - появления метелок и цветения початков кукурузы и цветения и образования корзинок подсолнечника. Наличие влаги в почве соответствовало 55-65 % НВ, что было вполне удовлетворительным. Начиная с середины июня запасы почвенной влаги стремительно убывали до конца вегетации, в начале августа отмечалось отсутствие доступной влаги в почве. За период вегетации пропашных культур с апреля по август 2015 г. выпало 237,7 мм, в 2017 – 247,5 мм осадков при среднемноголетнем их количестве 291,7 мм, т.е. на 54,0 и 44,0 мм, соответственно, меньше нормы. Высокая среднесуточная температура - на 1,9 – 3,1 °С выше средних многолетних показателей, низкая относительная влажность воздуха, отсутствие запасов почвенной влаги и быстрый их расход до критических показателей влажности, недостаточное количество осадков стали причиной прекращения вегетации растений кукурузы и подсолнечника в богарном севообороте.

В сухой 2012–2013 гг. для июня и июля было характерно распределение осадков значительно больше нормы, что обеспечило достаточно высокую урожайность кукурузы и подсолнечника в вариантах богарного севооборота. Во влажный 2016 г. урожайность кукурузы и подсолнечника составляла в варианте без удобрений 22,6 и 13,2 ц/га, соответственно. Применение рекомендуемой минеральной системы удобрения – непосредственно под кукурузу вносили $N_{90}P_{90}K_{60}$, под подсолнечник – $N_{90}P_{90}K_{30}$ – позволило получить 47,5 ц/га зерна кукурузы и 16,6 ц/га семян подсолнечника.

Анализируя данные урожайности кукурузы за ротацию в условиях естественного увлажнения, необходимо отметить, что применение минеральной системы удобрения увеличило урожайность данной культуры на 10,9 ц/га (вариант 2), в сравнении с контролем (17,7 ц/га). При использовании органоминеральной системы удобрения была получена урожайность 33,7 ц/га в среднем за годы исследований (2010–2019 гг.), что превосходило контроль в 1,9 раз (вариант 3).

Аналогичные результаты были получены за годы ротации по подсолнечнику. Применение минеральной и органоминеральной систем удобрения дало прибавку урожая 3,6 и 5,2 ц/га, соответственно (варианты 2 и 3).

Формирование урожая люцерны в богарном севообороте за годы исследований определялось также не только климатическими показателями, но и условиями минерального питания. В неорошаемых условиях 2012 и 2013 гг. (отмечены как сухие) люцерна 1 и 2 года наращивала один полноценный укос, который отличался от последующих укосов количеством зеленой массы. В 2010–2019 годах люцерна сформировала два полноценных укоса, масса которых была в 1,2-1,8 раза больше массы первого укоса. За годы ротации при применении рекомендуемой минеральной системы удобрения урожайность люцерны была в 1,8 раза больше, чем в контрольном варианте – без удобрений (вариант 2). При систематическом применении органоминеральной системы удобрения (навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$), где также под люцерну вносились только азотные удобрения, урожайность культуры в 1,9 раза была больше, чем на контроле (вариант 3). Эффективность применяемых систем удобрения возрастала по мере увеличения обеспеченности осадками.

Анализируя изменение урожайности сельхозкультур в севообороте за ротацию, можно отметить, что применение удобрений в орошаемых условиях является лимитирующим фактором получения высоких урожаев. Так применение рекомендуемой мине-

ральной системы удобрения в среднем за ротацию обеспечило урожай озимой пшеницы 44,7 ц/га, что в 1,9 раза выше урожайности на контроле (23,2 ц/га). Рекомендуемая органоминеральная система удобрения способствовала получению урожая 50,1 ц/га, что превысило урожай озимой пшеницы на 26,9 ц/га (варианты 5 и 6).

Применение расчетной минеральной системы удобрения (вариант 7) способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы за ротацию в среднем на 23,8 ц/га в сравнении с вариантом без удобрения (вариант 4). По расчетной органоминеральной системе удобрений наибольший урожай озимой пшеницы – 53,9 ц/га – был получен в варианте 8, что оказалось почти в 3 раза выше урожайности пшеницы на контроле.

Таблица 3 – Влияние систем удобрения и орошения на урожайность сельхозкультур и продуктивность севооборота в опыте 1948 г. за 7 ротацию в степной зоне Центрального Предкавказья

Table 3 – The effect of fertilizer and irrigation systems on crop yields and crop rotation productivity in the 1948 experiment for 7 rotations in the steppe zone of the Central Caucasus

Варианты удобрений		2010-2019 гг.				
		Озимая пшеница, ц/га	Кукуруза, ц/га,	Подсолнечник, ц/га,	Люцерна, ц/га,	Продуктивность (средняя), ц.з.ед./га
Без орошения	1. Без удобрений	23,5	17,7	9,1	37,0	21,8
	2. Рекомендуемая минеральная система удобрения N ₆₉ P ₆₃ K ₄₅	44,7	28,6	12,7	64,8	37,7
	3. Рекомендуемая органоминеральная система удобрения навоз 8 т/га + N ₄₄ P ₄₂ K ₂₄	49,4	33,7	14,3	73,3	42,7
Орошение 75-80% НВ	4. Без удобрений	23,2	29,4	11,2	57,0	30,2
	5. Рекомендуемая минеральная система удобрения N ₆₉ P ₆₃ K ₄₅	44,7	50,7	17,8	96,9	52,5
	6. Рекомендуемая органоминеральная система удобрения навоз 8 т/га + N ₄₄ P ₄₂ K ₂₄	50,1	59,5	21,2	110,8	60,4
	7. Расчетная минеральная система удобрения N ₁₄₁ P ₆₈ K ₆₀	47,0	57,9	19,0	105,7	57,4
	8. Расчетная органоминеральная система удобрения навоз 15 т/га + N ₈₇ P ₃₆ K ₇	53,9	68,1	24,4	119,9	66,6
	НСР _{0,5}	1,82	2,27	1,04	1,99/4,40	

Одной из важнейших зерновых культур в степной зоне Центрального Предкавказья является кукуруза, она потребляет большое количество воды, хорошо использует естественное плодородие почвы. На орошении в среднем за ротацию был получен урожай 29,4 ц/га (вариант 4), что выше урожайности на абсолютном контроле (вариант 1) на 11,7 ц/га или на 66,1 %. Применение удобрений также положительно сказывалось на урожайности кукурузы. Рекомендуемая минеральная система удобрения способствовала получению урожая кукурузы в среднем за 2010–2019 гг. – 50,7 ц/га (вариант 5), рекомендуемая органоминеральная система удобрений – 59,5 ц/га (вариант 6), прибавка урожая по этим вариантам составила – 21,3 ц/га и 30,1 ц/га, соответственно. По расчет-

ной минеральной системе удобрения получили урожай за ротацию – 57,9 ц/га (вариант 7) и в варианте с применением навоза – 68,1 ц/га (вариант 8), что выше контроля на 38,7 ц/га или составляет 132 %.

Орошение неудобренной почвы за ротацию обеспечило урожай подсолнечника 11,2 ц/га (вариант 4), прибавка в результате полива составила 2,1 ц/га, по сравнению с контрольным вариантом – 9,1 ц/га (без орошения и удобрения). Применение удобрений при орошении значительно повысило урожай подсолнечника. Рекомендуемая система удобрений и органоминеральная система удобрения повысили урожай подсолнечника до 17,8 и 21,2 ц/га (варианты 5 и 6), соответственно. При применении расчетной минеральной и органоминеральной системы удобрения (варианты 7 и 8) урожай подсолнечника составил 19,0 и 24,4 ц/га, соответственно, что было выше урожая на контроле почти в 2 раза.

Урожай сена люцерны в орошаемых условиях за 10 лет исследований составил в среднем 57,0 ц/га (вариант 4 – без удобрения). Применение рекомендуемых минеральных и органоминеральных удобрений за ротацию увеличило урожай сена на 39,9 и 53,8 ц/га (варианты 5 и 6), соответственно. Урожай сена люцерны по расчетной минеральной системе составил 105,7 ц/га (вариант 7), по расчетной органоминеральной системе удобрения – 119,9 ц/га.

В зависимости от погодных условий и согласно полученной урожайности культур севооборота, складывалась и продуктивность 1 га севооборота в неорошаемых условиях при разных применяемых системах удобрения. Естественно, самая малая продуктивность 1 га богарного севооборота отмечена на контроле, в варианте без применения удобрений. В среднем за 10 лет исследований она составила 21,8 ц зерн.ед./га, увеличиваясь при применении рекомендуемых минеральной и органоминеральных систем удобрения в естественных условиях до 37,7 и 42,7 ц зерн.ед./га, соответственно. В условиях орошения рекомендуемые системы удобрения увеличили продуктивность севооборота на 22,3 и 30,2 ц зерн.ед./га, в сравнении с контролем. Наибольшая продуктивность севооборота за ротацию была получена при применении расчетной органоминеральной системы удобрения (навоз 15 т/га +N₈₇P₃₆ K₇), что было выше продуктивности на контроле в 2,2 раза (таблица 3).

Кабардино-Балкария расположена на северных склонах Главного Кавказского хребта и является частью Центрального Предкавказья. По геоморфологическому строению республика делится на три вертикальные зоны: горную, предгорную и степную. Степная зона Кабардино-Балкарии включает Прохладненский, Майский и Терский районы, которые отличаются по климату, растительности и почвенному покрову.

Климат степной зоны КБР резко континентальный. Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет +10,1 °С, сумма активных температур – 3200-3400 °С, среднегодовое количество осадков – 466 мм.

Территория опытного участка находится в зоне неустойчивого увлажнения.

Почвы – чернозем обыкновенный карбонатный, по своей характеристике идентичный черноземам обыкновенным всего Центрального Предкавказья (Простаков, 1964; Трофименко, 1971; Фиापшев, Хачетлов, 1971).

В связи с тем, что в республике орошаемые земли занимают около 127 тыс. га при общей площади пашен 300 тыс. га, необходима разработка технологии рационального использования оросительной воды, обоснование агросистемы с оптимальным режимом питания и орошения, которые были бы направлены на увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур и обеспечение сохранения почвенного плодородия. Учитывая актуальность обозначенной проблемы, в 1948 г. на Мало-оросительной опытной станции степной зоны (Терский район) заложили стационарный опыт. Исследования ведутся по настоящее время.

В результате научных исследований установлена эффективность длительного применения разных систем удобрения (минеральных и органо-минеральных) в неорошаемых и орошаемых условиях степной зоны Центрального Предкавказья на черноземах обыкновенных карбонатных.

Определено влияние систематического применения минеральной – $N_{69}P_{63}K_{45}$ – и органо-минеральной – навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$ – систем удобрения на урожайность изучаемых культур севооборота и его продуктивность в неорошаемых условиях и при орошении. Установлены расчетные системы удобрения для сохранения почвенного плодородия на богаре и при орошении.

Выводы. В степной зоне Центрального Предкавказья в условиях естественного увлажнения урожайность сельскохозяйственных культур во многом определяется погодно-климатическими условиями, особенно количеством выпавших осадков. Исходя из результатов исследований, можно заключить следующее:

1. Систематическое применение рекомендуемой минеральной системы удобрения на богаре и при орошении увеличило урожайность культур севооборота, соответственно: озимой пшеницы в 1,9 раз, кукурузы – 1,6-1,7, подсолнечника – 1,4-1,6, люцерны – 1,8-1,7 раз.

2. Использование рекомендуемой органо-минеральной системы удобрения в естественных условиях и на поливе позволило увеличить урожайность, соответственно: озимой пшеницы в 2,1-2,2 раза, кукурузы – 1,9-2,0, подсолнечника – 1,6-1,9, люцерны – 2,0-1,9 раз.

3. При расчётных минеральной и органо-минеральной системах удобрения, применяемых в условиях орошения, урожайность культур за ротацию севооборота повысилась, соответственно: озимой пшеницы и кукурузы в 2,0-2,3 раза, подсолнечника – 1,7-2,2, люцерны – 1,9-2,1 раза.

4. Продуктивность севооборота за ротацию при применении рекомендуемых минеральной и органо-минеральной систем удобрения на богаре увеличилась в 1,7-2,0 раза, на орошении – 1,7-2,0, а расчётных минеральной и органо-минеральной – 1,9-3,1 раза, соответственно.

5. Наиболее высокую эффективность имела расчётная органо-минеральная система удобрения (навоз 15 т/га + $N_{87}P_{36}K_7$) на всех культурах, где урожайность увеличивалась в 2,3-2,1, продуктивность севооборота в 3,1 раза.

Библиографический список

1. Влияние органо-минеральных систем удобрения на урожайность полевых культур и изменение продуктивности севооборота на орошаемых чернозёмах обыкновенных карбонатных Центрального Предкавказья / Р. В. Бижоев, С. Р. Конова, А. И. Сарбашева [и др.] // E3S Web of Conferences. 2021. Т. 262.
2. Влияние удобрений на плодородие орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и продуктивность сельскохозяйственных культур / В. В. Пронько, Н. А. Проньков, О. В. Рухович, М. В. Беличенко [и др.] // Агрохимия. 2020. № 6. С. 53-63.
3. Влияние удобрений на продуктивность культур севооборота и вынос элементов питания в Вологодской области / О. В. Чухина, Р. А. Глазов, Д. Е. Смирнов, Е. Н. Кузовлев, Е. И. Куликова // Плодородие. 2019. № 1 (106). С. 22-25.
4. Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В., Бижоев М. В. Мониторинг плодородия чернозёма обыкновенного при длительном орошении и применении систем удобрения в агроландшафтном земледелии Кабардино-Балкарии: результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российский Федерации (к 70-летию Геосети). М.: ВНИИА, 2011. С. 352-368.
5. Минеев В. Г. Вклад Д. Н. Прянишникова в развитие агрохимии (к 150-летию со дня рождения – 1865-1948) // Проблемы Агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 3-14.

6. Приемы комплексного использования средств химизации и биологических ресурсов в агротехнологии на черноземах обыкновенных карбонатных Центрального Предкавказья / Т. П. Бижоева, Р. В. Бижоев, А. И. Сарбашева, Р. А. Гажева // Известия КБНЦ РАН. 2020. № 6 (98). С. 121-132.

7. Продуктивность севооборота при длительном применении удобрений и их окупаемость в зависимости от влагообеспеченности / Т. П. Лифаненкова, Р. В. Бижоев, М. В. Бижоев, А. И. Сарбашева // Международные научные исследования. 2019. № 3-4 (40-41). С. 49-52.

8. Продуктивность севооборота в зависимости от применяемых систем удобрения и их окупаемость на черноземах обыкновенных карбонатных Центрального Предкавказья / Р. В. Бижоев, А. И. Сарбашева, А. З. Кушхабиев, Р. А. Гажева // Вестник аграрной науки. 2021. № 6 (93). С. 53-61.

9. Сычев В. Г., Беличенко М. В., Романенков В. А. Этапы развития, результаты исследований и актуальные проблемы длительных агрохимических полевых опытов Географической сети опытов с удобрениями // Агрохимия. 2018. № 1. С. 3-16.

10. Формирование урожая сельскохозяйственных культур зерноотравяно-пропашного и зернопропашного севооборотов в различных условиях водного и минерального питания в степной зоне Центрального Предкавказья / Т. П. Бижоева, Р. В. Бижоев, А. И. Сарбашева, А. З. Кушхабиев // Известия КБНЦ РАН. 2020. № 6 (98). С. 133-142.

11. Эффективность применения разных систем удобрения в богарном и орошаемом севооборотах на черноземах обыкновенных карбонатных Центрального Предкавказья / Т. П. Бижоева, Р. В. Бижоев, А. И. Сарбашева, А. З. Кушхабиев [и др.] // E3S Web of Conferences. 2021. Т. 262.

Информация об авторах

Кушхабиев Асланбек Зулимбиевич, ведущий научный сотрудник ИСХ КБНЦ РАН, кандидат сельскохозяйственных наук. Тел.: 8(8662) 44-21-70, 8-903-425-95-22; ORCID: 0000-0002-0505-1849, e-mail: aslanbekkushhabiev@yandex.ru

Сарбашева Асият Идрисовна, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии и биологических исследований ИСХ КБНЦ РАН. Тел.: 8(8662) 44-21-70, 8-903-497-09-39; ORCID: 0000-0003-4708-1293, e-mail: sarbashasi59@mail.ru

Батырова Ольга Александровна, старший научный сотрудник ИСХ КБНЦ РАН, кандидат сельскохозяйственных наук. Тел.: 8(8662) 77-29-98, 8-960-422-86-89; ORCID: 0000-0002-6041-9626, e-mail: oliabat66@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-21

THE INFLUENCE OF MICROELEMENTS ON THE FORMATION OF BARLEY SEEDS IN CONDITIONS OF OPTIMAL AND INSUFFICIENT MOISTURE

A.A. Neverov¹, A.S. Vereshchagina¹

¹*Federal Scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies of Russian Academy of Sciences, Orenburg*

Received 29.05.2022

Submitted 14.07.2022

The research "The effect of trace elements on the formation of barley seedlings in conditions of optimal and insufficient moisture" was carried out in accordance with the research plan for 2021-2030 of the Federal State Budgetary Research Center of the BST RAS on the topic (No. 0526-2022-0014).

Summary

The article presents the results of laboratory studies of seed treatment with aqueous solutions of iron and magnesium sulfates for the formation of barley seedlings in conditions of optimal moisture and water deficiency. The positive results obtained allow us to recommend the use of these techniques to increase the resistance of barley crops to water stress.

Abstract

Introduction. Insufficient and unstable moistening of the upper sown soil layer in the steppe regions of Orenburg region and similar regions contribute to the search for methods to increase the viability of seeds in conditions of water scarcity. **Object.** The object of the study is aqueous solutions of iron and magnesium sulfates. **Materials and methods.** The article shows the results of processing barley seeds of the Gubernatorial variety with aqueous solutions of iron and magnesium sulfates of 1% concentration according to the active substance in conditions of optimal and insufficient moisture. In laboratory conditions, germination of barley seeds on paper was carried out at a constant temperature of 24 ° C for 4 days. The composition of the salts included divalent metal cations: iron and magnesium in the form of crystallohydrates. On barley seedlings, their germination, the number of germinal roots, the length of each root, and the length of the sprout were determined in fourfold repetition. **Results and conclusions.** Laboratory studies have shown that the treatment of barley seeds had a positive effect on the formation of barley seedlings, both in conditions of optimal moisture and in conditions of water scarcity. In the absence of drought, trace elements Fe and Mg stimulated the formation of a larger number of roots relative to the control. Under conditions of insufficient moisture, Fe and Mg stimulated to a greater extent the rate of linear growth of germinal roots. Iron and magnesium significantly influenced the increase in the linear size of the sprout - by 0.5-0.6 cm more than the control indicators equal to 4.8 cm.

Keywords: *barley, seeds, trace elements, iron, magnesium, polyethylene glycol (6000).*

Citation. Neverov A.A., Vereshchagina A.S. The influence of microelements on the formation of barley seeds in conditions of optimal and insufficient moisture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 180-188 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-21.

Author's contribution. The authors of the article provided were directly involved in the planning of the experiment, the laying and conducting laboratory research. The obtained results were subjected to comprehensive agronomic and statistical analyses.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.16:631.811

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ОПТИМАЛЬНОГО И НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

А. А. Неверов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
А. С. Верещагина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН,
г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 29.05.2022

Дата принятия к печати 14.07.2022

Исследования «Влияние микроэлементов на формирование проростков ячменя в условиях оптимального и недостаточного увлажнения» выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по теме (№0526-2022-0014).

Актуальность. Недостаточное и неустойчивое увлажнение верхнего посевного слоя почвы в степных районах Оренбуржья и аналогичных ему регионах способствует поиску приёмов повышения жизнеспособности семян в условиях водного дефицита. **Объект.** Объектом исследования являются водные растворы сульфатов железа и магния. **Материалы и методы.** В статье показаны результаты обработки семян ячменя сорта Губернаторский водными растворами сульфатов железа и магния 1 %-ной концентрации по действующему веществу в условиях оптимального и недостаточного увлажнения. В лабораторных условиях проводили проращивание семян ячменя на бумаге при постоянной температуре 24 °C в течение 4-х суток. В состав солей входили двухвалентные катионы металлов: железа и магния в форме кристаллогидратов. На проростках ячменя определяли их всхожесть, количество зародышевых корешков, длину

каждого корешка, длину ростка в четырёхкратном повторении. **Результаты и выводы.** Лабораторные исследования показали, что обработка семян ячменя оказала положительное влияние на формирование проростков ячменя как в условиях оптимального увлажнения, так и в условиях водного дефицита. В отсутствие засухи микроэлементы Fe и Mg стимулировали формирование большего числа корешков относительно контроля. В условиях недостаточного увлажнения Fe и Mg стимулировали в большей степени скорость линейного роста зародышевых корешков. Железо и магний существенно влияли на увеличение линейных размеров ростка – на 0,5-0,6 см больше контрольных показателей, равных 4,8 см.

Ключевые слова: ячмень, семена ячменя, проростки ячменя, полиэтиленгликоль (ПЭГ 6000).

Цитирование. Неверов А. А., Верещагина А. С. Влияние микроэлементов на формирование проростков ячменя в условиях оптимального и недостаточного увлажнения. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 180-188. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-21.

Авторский вклад. Авторы предоставленной статьи принимали непосредственное участие в планировании эксперимента, закладке и проведении лабораторных исследований. Полученные результаты подвергались всестороннему агрономическому и статистическому анализам.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В разных источниках информации [2, 3, 5-7, 13] приводятся сведения о существенном положительном влиянии различных металлов на метаболизм растений. Металлы, входящие в состав металлопротеинов и коферментов, в растительных клетках стимулируют устойчивость растений к экстремальным условиям на разных стадиях их развития.

Автор (Сакмак I., 2008) [10] в условиях водного дефицита приравнивает микроэлементы, содержащиеся в семенах, к стартовым удобрениям по их значимости стимулирования ростовых процессов на разных уровнях минерального питания.

Чернозёмы южные карбонатные, а также темно-каштановые почвы, преобладающие в степной зоне Оренбуржья, характеризуются дефицитом доступных для растений форм микроэлементов. Железо и магний – наиболее распространенные элементы в почве, однако в условиях щелочной среды ($pH = 7,5-9,0$) и недостаточного увлажнения становятся труднодоступными для зерновых культур по причине низкой растворимости, что в итоге негативно отражается на множестве процессов, протекающих в растительной клетке: синтезе ДНК, дыхании, фотосинтезе.

Установлено [14], что для двухвалентных катионов (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+}) растворимость уменьшается в сто раз на каждую единицу увеличения pH. Среди зерновых культур, наиболее требовательных к наличию микроэлементов в почве, максимальные концентрации обнаружены либо в ячмене (K, Mg, P, Cu, As), либо в овсе (Ca, S, Fe, Mn, Zn и Pb).

Известно [11, 12], что дефицит железа приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшению питания растений, ослабляется рост корневой системы.

Магний - наиболее распространенный после калия элемент в живых клетках растений. Его большая часть содержится в вакуолях. Магний используется растениями для синтеза хлорофилла, его концентрация может меняться в зависимости от освещённости листьев. Магний входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Он участвует в передвижении фосфора в растениях, активизирует ферменты, ускоряет образование углеводов. Также является строительным элементом, входит в состав рибосом.

При дефиците магния нарушается белковый обмен у растений вследствие слабого функционирования ферментного синтеза, также ограничивается ассимиляционная и синтетическая деятельность растений. Магний влияет на динамику роста корневой системы и усвоение питательных элементов из почвы, особенно азота.

Установлено, что семена тыквы, полученные из плодов растений с высоким содержанием магния, имели высокую энергию роста, обеспечивали раннее появление всходов и лучшее формирование проростков по сравнению с семенами, собранными из растений с дефицитом Mg [15].

В наших ранних исследованиях [6] обработка семян нута 1 %-ным раствором сульфата магния продемонстрировала заметный стимулирующий эффект: увеличение массы ростков на 60,9 % и корешков – на 83,9 %. В работе [7] достоверно установлено, что ионы Fe и Mg оказывают существенное положительное влияние на рост и развитие корневой системы и ростков ячменя. Наибольший положительный эффект на формирование проростков ячменя оказали ионы железа.

В наших исследованиях поставлена цель - изучить стимулирующее влияние обработки семян ячменя сульфатами железа и магния в условиях оптимального и недостаточного увлажнения.

Материалы и методы. Объектом исследования являются водные растворы сульфатов железа и магния 1,0%-ной концентрации, которыми обрабатывались семена сорта ячменя Губернаторский.

Сульфат железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (железный купорос), неорганическое соединение, железная соль серной кислоты. Сульфат железа (II) хорошо растворим в воде (26,3 г при 20 °C). Из водных растворов кристаллизуется голубовато-зелёный гептагидрат $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Молярная масса 278 г/моль.

Сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (эпсомит) – порошок белого цвета. (Производитель – Южно-Уральский завод магниевых соединений. г. Кувандык Оренбургской области), белый кристаллический порошок, растворимый в воде. Молярная масса $24+32+16 \cdot 4+7 \cdot (2 \cdot 1+16) = 246$ г/моль.

Расчёт количества препарата для обработки семян проводился по действующему веществу. Действующее вещество - сульфат металла.

На примере сульфата магния MgSO_4 (120 гмоль⁻¹) с содержанием в препарате - $120/246 = 48,8$ %.

Расход рабочего раствора для обработки 1 т семян сельскохозяйственных культур – 10 л. Расход сульфата магния семиводного (препарата) на 1 т семян при 1 %-ной концентрации водного раствора – 205 г.

Для приготовления 100 мл: 1 %-ного раствора сульфата магния требуется 2,05 г семиводного сульфата магния.

Для обработки 1000 г семян использовалось 10 мл водного раствора указанных концентраций препарата с экспозицией 1 сутки.

Обработка семян проводилась в стерильных пакетах. Проращивание - на фильтровальной бумаге, в темноте при постоянной температуре 24 °C в четырехкратном повторении, по 40 шт. семян в каждом повторении. День закладки семян на проращивание и день съёма семян считался за одни сутки. Проращивание проводилось в течение 4 суток. Для контроля использовались семена, обработанные водой из расчёта 10 л воды на 1 т семян.

Условия искусственной засухи моделировались с помощью препарата полиэтиленгликоль (ПЭГ 6000) с молярной массой 6000 гмоль⁻¹. Раствор готовился из расчёта 100 г препарата на 1 л воды (осмотическое давление 0,15 МПа). Водным раствором ПЭГ 6000 увлажнялась фильтровальная бумага, что вызывало водный дефицит в период прорастания семян ячменя. Методика описана в работе авторов [4].

Схема эксперимента. Семена ячменя в лабораторных условиях обрабатывали 1 %-ными водными растворами сульфатов металлов из расчёта 10 л рабочего раствора на 1 т семян. Количество вариантов – 6.

1. Контроль (10 л воды на 1 т семян).
2. FeSO_4 .
3. MgSO_4 .
4. Контроль + ПЭГ 6000.
5. FeSO_4 + ПЭГ 6000.
6. MgSO_4 + ПЭГ 6000.

Дисперсионный анализ с вычислением наименьшей существенной разности (HCP_{05}) проводился в авторской программе по методике Б. А. Доспехова. Регрессионный анализ – в программе NCSS and PASS 2000 (USA).

Результаты и обсуждение. Обработка семян ячменя водными растворами сернокислых солей железа и магния существенного влияния на лабораторную всхожесть семян не оказала (таблица 1).

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян ячменя

Table 1 – Laboratory germination of barley seeds

№ п/п	Вариант опыта	Всхожесть семян, %	Отклонения от контроля, %
1	Контроль	98,0	-
2	FeSO_4	99,0	+1,0
3	MgSO_4	98,0	0
4	ПЭГ 6000	95,0	- 3,0
5	FeSO_4 + ПЭГ 6000	96,0	-2,0
6	MgSO_4 + ПЭГ 6000	95,0	-3,0
Среднее по опыту		96,2	-1,4
HCP_{05}		-	2,5

Всхожесть семян варьировала от 95 % до 99 % по вариантам опыта. Существенное негативное влияние (-3 %) на данный параметр оказало применение препарата ПЭГ 6000 для моделирования водного дефицита без обработки микроэлементами семян, а также в варианте сочетания MgSO_4 и ПЭГ 6000.

Несущественно улучшилась всхожесть семян – на 1% – от обработки железосодержащим препаратом в условиях оптимального увлажнения.

Число зародышевых корешков у 4-х дневных проростков ячменя по вариантам опыта изменялось незначительно – 4,6-4,9 шт (таблица 2).

Таблица 2 – Особенности формирования корневой системы у 4-х дневных проростков ячменя

Table 2 – Features of root system formation in 4-day-old barley seedlings

№ п/п	Вариант опыта	Число корешков у одного проростка, шт.	Суммарная длина корешков одного проростка, см	Средняя длина одного корешка, см
1	Контроль	4,8	30,8	6,4
2	FeSO_4	4,8	32,0	6,7
3	MgSO_4	4,8	32,5	6,7
4	ПЭГ 6000	4,6	21,7	4,8
5	FeSO_4 + ПЭГ 6000	4,8	25,5	5,4
6	MgSO_4 + ПЭГ 6000	4,9	26,7	5,5
Среднее по опыту		4,8	28,2	6,0
HCP_{05}		0,2	4,6	1,0

В вариантах с оптимальным увлажнением ионы железа и магния не оказали существенного влияния на их численность относительно контроля. Обезвоживание (ПЭГ 6000) уменьшило на 0,2 шт. корешка против контроля – 4,8 шт. Железо и магний в условиях водного дефицита увеличили этот показатель до 4,8 и 4,9 шт. соответственно.

Средняя длина одного корешка во всех вариантах отличалась от контрольной, равной 6,4 см. Железо и магний в условиях отсутствия дефицита воды способствовали увеличению средней длины корешка до 6,7 см в обоих вариантах. Резко отрицательное влияние на длину корешка оказал водный дефицит (ПЭГ 6000), в котором линейные размеры корешка уменьшились существенно до 4,8 см. В условиях водного дефицита размеры корешков под влиянием препаратов железа и магния выросли до 5,4 и 5,5 см соответственно.

Суммарная длина зародышевых корешков проростков в большей степени зависела от их линейных размеров, чем от их числа. По опыту общая длина корешков варьировала от 21,7 см (ПЭГ 6000) до 32,5 см ($MgSO_4$) при среднем значении, равном 28,2 см. Лучшие результаты по линейному приросту корневой системы ячменя на 4-е сутки показал вариант с обработкой семян сульфатом магния: 32,5 см в условиях оптимального увлажнения против 30,8 см на контроле и 26,7 см против 21,7 см в условиях водного дефицита.

Суммарная длина зародышевых корешков 4-х дневных проростков ячменя определяется двумя показателями: количеством корешков и средней длиной корешка. Проведённый статистический регрессионный анализ показал, что в условиях оптимального увлажнения на контроле соотношение доли влияния этих факторов оценивалось как 25,1 % и 74,1 % соответственно, что детерминировало 99,2 % общей длины корешков проростка (таблица 3).

Таблица 3 – Доля факторов в суммарной длине зародышевых корешков ячменя в условиях недостаточного и оптимального увлажнения

Table 3 – The share of factors in the total length of the germinal roots of barley in conditions of insufficient and optimal moisture

№ п/п	Вариант опыта	Факторы, %		Итого, %
		число корешков у одного проростка	средняя длина од- ного корешка	
1	Контроль	25,1	74,1	99,2
2	$FeSO_4$	39,0	60,0	99,0
3	$MgSO_4$	49,9	49,7	99,6
4	ПЭГ 6000	25,3	72,3	97,6
5	$FeSO_4$ + ПЭГ 6000	13,5	85,5	99,0
6	$MgSO_4$ + ПЭГ 6000	14,5	85,0	99,5

Обработка семян растворами сульфатов железа и магния изменило это соотношение в сторону увеличения доли числа корешков в формировании их суммарной длины в обоих случаях до 39 % и 49,9 % соответственно. В отсутствии засухи микроэлементы Fe и Mg стимулировали формирование большего числа корешков относительно контроля.

Моделирование искусственной засухи с помощью препарата ПЭГ 6000 показало, что соотношение доли данных показателей в детерминации суммарной длины корешков проростка ячменя в контрольном варианте практически оставалось неизменным: 25,3 % – от числа корешков и 72,3 % – от средней длины одного корешка. Однако обработка семян микроэлементами существенно поменяла иерархию факторов, усилив в обоих случаях значение длины корня: до 85-85,5 %. Таким образом, в условиях недо-

статочного увлажнения микроэлементы Fe и Mg стимулировали в большей степени скорость линейного роста зародышевых корешков, видимо, как проявление защитной реакции от водного стресса.

В различных вариантах опыта длина ростка варьировала от 3,6 см до 5,4 см при среднем значении 4,5 см и 4,8 см на контроле (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние обработки семян микроэлементами на формирование ростков ячменя

Table 4 – The effect of seed treatment with trace elements on the formation of barley sprouts

№ п/п	Вариант опыта	Длина ростка, см	Отклонение от контроля, см
1	Контроль	4,8	-
2	FeSO ₄	5,3	+0,5
3	MgSO ₄	5,4	+0,6
4	ПЭГ 6000	3,6	-1,2
5	FeSO ₄ + ПЭГ 6000	3,8	-1,0
6	MgSO ₄ + ПЭГ 6000	4,0	-0,8
Среднее по опыту		4,5	-0,3
НСР ₀₅		-	0,4

В условиях оптимального обеспечения семян водой препараты железа и магния оказали существенное влияние на увеличение линейных размеров ростка – на 0,5-0,6 см больше контрольных показателей. При водном дефиците (ПЭГ 6000) длина ростка значительно уменьшилась – на 1,2 см – против контроля. В моделируемых условиях засухи ионы железа и магния в некоторой степени компенсировали негативное влияние водного стресса на формирование ростков у ячменя. По сравнению с вариантом (ПЭГ 6000) длина ростка в вариантах FeSO₄ + ПЭГ 6000 и MgSO₄ + ПЭГ 6000 увеличилась с 3,6 см до 3,8 и 4,0 см соответственно. Наибольший стимулирующий эффект также продемонстрировал 1 %-ный раствор сульфата магния.

На вопрос: связано ли стимулирующее влияние сульфата железа и магния на развитие проростков ячменя с концентрацией этих элементов в зерне может дать некоторое представление химический анализ опытного образца в сравнении с диапазоном концентраций минеральных элементов питания, известных по данным литературных источников (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание магния и железа в зерне ячменя сорта Губернаторский в сравнении с диапазоном концентраций по данным разных источников литературы

Table 5 - The content of magnesium and iron in barley grain of the Gubernatorial variety in comparison with the range of concentrations according to various literature sources

Наименование химического элемента	Содержание в зерне, мг/кг	
	опытного образца	по данным источников литературы
Магний (Mg)	1000,0	230-1200
Железо (Fe)	38,0	17-120

По разным данным [1, 8, 9] содержание магния и железа в зерне ячменя варьирует в широких пределах: от 230 до 1200 мг/кг магния (Mg) и 17-120 мг/кг – железа (Fe). В опытном образце ячменя сорта Губернаторский отмечено высокое содержание магния – 1000 мг/кг и ниже среднего – содержание железа – 38 мг/кг. Однако, несмотря на достаточно высокое содержание магния в зерне, обработка семян 1 %-ным раствором сульфата магния показало наилучшие результаты в эксперименте. Очевидной связи эффективности применяемого металла с его содержанием в семени ячменя не обнаружено.

Выводы. Обработка семян 1 %-ными водными растворами сульфата железа и магния не оказала существенного влияния на лабораторную всхожесть семян ячменя.

Железо и магний оказали положительное влияние на формирование проростков ячменя как в условиях оптимального увлажнения, так и в условиях водного дефицита.

Железо и магний в условиях отсутствия дефицита воды способствовали увеличению средней длины корешка до 6,7 см в обоих вариантах против 6,4 см на контроле. Резко отрицательное влияние на длину корешка оказал водный дефицит (ПЭГ 6000), в котором линейные размеры корешка уменьшились существенно до 4,8 см. В условиях водного дефицита размеры корешков под влиянием препаратов железа и магния выросли до 5,4 и 5,5 см соответственно.

В отсутствии засухи микроэлементы Fe и Mg стимулировали формирование большего числа корешков относительно контроля. В условиях недостаточного увлажнения Fe и Mg стимулировали в большей степени скорость линейного роста зародышевых корешков видимо как проявление защитной реакции от водного стресса.

Железо и магний существенно влияли на увеличение линейных размеров ростка – на 0,5-0,6 см больше контрольных показателей, равных 4,8 см.

Библиографический список

1. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. СПб., 2011. 367 с.
2. Ерохин А. И. Эффективность применения микроудобрений на семенах и растениях зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С. 80-84.
3. Изучение эффективности применения биопрепаратов на фотосинтетическую деятельность и урожай ярового ячменя / Н. Е. Павловская, А. Г. Тимаков, И. В. Яковлева, В. В. Мамеев // Вестник ИрГСХА. 2019. № 90. С. 44-55.
4. Куликова Н. А., Филиппова О. И., Перминова И. В. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к проросткам пшеницы в условиях водного дефицита // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 2. С. 35-39.
5. Марьина-Черемных О. Г. Влияние органоминерального удобрения ЭкоОрганика на урожайность ячменя // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 2 (26). С. 43-48.
6. Неверов А. А. Стимулирующий эффект сульфата магния на стадии прорастания семян сельскохозяйственных культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 74-78.
7. Неверов А. А. Стимулирующая роль микроэлементов на стадии прорастания семян ячменя // Животноводство и кормопроизводство. 2022. № 1 (105). С. 159-170.
8. Реакция ячменя Раушан на абиотические условия химическим составом зерна / И. Ш. Фатыхов, Б. Б. Борисов, Е. В. Корепанова, Т. Н. Рябова // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 118-124.
9. Ториков В. Е., Мельникова О. В., Ториков В. В. Изменение содержания белка, аминокислот и элементного состава зерна в зависимости от норм внесения минеральных удобрений и норм высева семян ярового ячменя // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 20-26.
10. Farooq M., Wahid A., Siddique K. H. M. Micronutrient application through seed treatments (a review) // J. Soil Sci. Plant Nutr. 2012. V. 12. P. 125–142.
11. Natural allelic variation of FRO2 modulates Arabidopsis root growth under iron deficiency / S. B. Satbhai, C. Setzer, F. Freynschlag, R. Slovak, E. Kerdaffrec, W. Busch // Nat. Commun. 2017. V. 10.1038/ncomms15603.
12. Rou G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism // Agric. Sci. 2015. V. 10. 7831/ras.3.1.
13. Shahzad Z., Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture Curr. Opin // Plant Biol. 2017. V. 10. 1016.

14. The grain mineral composition of barley, oat and wheat on soils with pH and soil phosphorus gradients / L. Jordan-Meille, J. E. Holland, S. P. McGrath, M. J. Glendining, S. M. Haefele // European Journal of Agronomy. 2021. V. 126. 126281.

15. Zhang B., Cakmak I., Feng J. Magnesium Deficiency Reduced the Yield and Seed Germination in Wax Gourd by Affecting the Carbohydrate Translocation // Front Plant Sci. 2020. V. 11. P. 797.

Информация об авторах:

Неверов Александр Алексеевич, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID - 0000-0001-5467-2476, тел.: 8-922-621-72-36, e-mail: nevalex2008@yandex.ru.

Верещагина Антонина Сергеевна, старший научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел.: 8-950-184-02-50.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-22

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF DOSES OF APPLIED FERTILIZERS AND GROWTH-STIMULATING DRUGS ON THE CHARACTERISTICS OF RICE PLANTS DURING SPRINKLING

K. A. Rodin, E. S. Vorontsova

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 13.05.2022

Submitted 01.09.2022

Abstract

Introduction. In recent years, much attention has been paid to the development and application of growth regulators with a wide range of physiological effects that are safe for humans and the environment. The great and multifaceted practical importance of growth regulators in modern technologies is determined by many circumstances: by influencing the processes of plant growth and development, they can significantly accelerate the growth or increase the yield of most crops. At the same time, by inhibiting the activity of some enzymatic systems, they block the development of phytopathogenic organisms in plant tissues. The effect of growth stimulants depends on meteorological conditions, varietal and species characteristics and the physiological state of the plant. They influence the intensity and direction of plant life and allow for more efficient use of plant genetic material. Growth regulators help to increase the immunity of plants, and are also able to reduce the negative impact of environmental factors, allowing effective use of the productive potential of many plants. **Object.** The object of research is the doses of fertilizers and growth-stimulating drugs on Stalingrad 1 rice crops. **Materials and methods.** Experimental studies were carried out on rice crops of the Stalingrad 1 variety in a two-factor field experiment at the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture landfill and included the following options. According to the first factor of the dose of macro fertilizers, calculated to produce 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) and 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) tons of grain per 1 ha, the control variant without fertilizers. Doses of macro fertilizers according to the variants were calculated according to the method of V.I. Filin (1994). The second factor included 3 options for drugs and dosages: microbiological – Extrasol, chelated micronutrient – Zircon and micronutrient – Nanosilicon. The treatments were carried out according to: seeds material + by vegetation; just by vegetation. The option without processing was a control one. **Results and conclusions.** In the variant of application of $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) without top dressing and during the growing season, a minimum number of days of 105 was required for rice cultivation, with the sum of the average daily temperatures of 2398.2 °C. The maximum number of days was set in the application variant $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 t/ha) when treated with the microbiological preparation Extrasol, which was 112 days with the sum of the average daily air temperatures of 2593.2 °C. The maximum yield was with $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 t/ha) + Extrasol with seed treatment + in the vegetative period, which amounted to 7.51 t/ha. At the control $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) without treatments, the minimum yield was 5.76 t/ha. The mass of 1000 grains with

the introduction of $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) and without processing was a minimum of $29,67 \times 10^{-3}$ kg. The maximum value, $30,29 \times 10^{-3}$ kg, was at $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 t/ha) with the treatment of seeds and during the vegetative period with the microbiological preparation Extrasol.

Key words: *fertilizer doses, growth preparations, rice yield, structural productivity indicators.*

Citation. Rodin K.A., Vorontsova E.S. Assessment of the effect of doses of applied fertilizers and growth-stimulating drugs on the characteristics of rice plants during sprinkling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 188-194 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-22.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.18:631.67.5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОЗ ВНОСИМЫХ УДОБРЕНИЙ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ РИСА ПРИ ДОЖДЕВАНИИ

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.05.2022

Дата принятия к печати 01.09.2022

Актуальность. В последние годы большое внимание уделяется разработке и применению регуляторов роста с широким спектром физиологического действия, безопасных для человека и окружающей среды. Большое и многогранное практическое значение регуляторов роста в современных технологиях определяется многими обстоятельствами: воздействуя на процессы роста и развития растений, они позволяют значительно ускорить рост или повысить урожайность большинства сельскохозяйственных культур. В то же время, угнетая активность некоторых ферментативных систем, они блокируют развитие фитопатогенных организмов в тканях растений. Действие стимуляторов роста зависит от метеорологических условий, сортовых и видовых особенностей и физиологического состояния растения. Они влияют на интенсивность и направленность жизни растений и позволяют более эффективно использовать генетический материал растений. Регуляторы роста способствуют повышению иммунитета растений, а также способны снижать негативное воздействие факторов внешней среды, позволяя эффективно использовать продуктивный потенциал многих растений. **Объект.** Объектом исследований являются дозы удобрений и ростостимулирующие препараты на посевах риса сорта Сталинград 1. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования проводились на посевах риса сорта «Сталинград 1» в двухфакторном полевом опыте на полигоне ФГБНУ ВНИИОЗ и включали следующие варианты. По первому фактору дозы внесения макроудобрений, рассчитанных на получение 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) и 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) т зерна с 1 га, контрольный вариант без удобрений. Дозы макроудобрений по вариантам рассчитывались по методике В.И. Филина (1994). Второй фактор включал 3 варианта по препаратам и дозировкам: микробиологический – Экстрасол, хелатное микроудобрение Циркон и микроудобрение Нанокремний. Обработки проводились по: семенам-материалу + по вегетации; просто по вегетации. Вариант без обработки был контрольным. **Результаты и выводы.** В варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без подкормки и в течение вегетационного периода для возделывания риса требовалось минимальное количество суток - 105, при сумме среднесуточных температур $2398,2^{\circ}\text{C}$. Максимальное количество суток установлено в варианте применения $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) при обработке микробиологическим препаратом Экстрасол, которое составило 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха $2593,2^{\circ}\text{C}$. Максимальная урожайность была с $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол с обработкой семян + в вегетативный период, которая составила 7,51 т/га. На контроле $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обра-

боток минимальный урожай составил 5,76 т/га. Масса 1000 зерен с внесением $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и без обработки была минимальной $29,67 \times 10^{-3}$ кг. Максимальное значение, $30,29 \times 10^{-3}$ кг, было у $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) с обработкой семян и в вегетативный период препаратом Экстрасол.

Ключевые слова: дозы удобрений, ростовые препараты, урожайность риса, структурные показатели продуктивности риса.

Цитирование. Родин К. А., Воронцова Е. С. Оценка влияния доз вносимых удобрений и ростостимулирующих препаратов на характеристики растений риса при дождевании. Известия НВ АУК. 2022. 3(67). 188-194. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-22.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рис в Российской Федерации не одна из главных продовольственных культур, но по богатым пищевым и диетическим свойствам достаточно широко используется в российской кухне. Однако по утверждённым Минздравом России нормам годовое потребление крупы в расчёте на одного человека составляет 7 кг. Для этого ежегодное производство риса-сырца в нашей стране должно составлять 1,7 млн. т. В 2020 году объем производства риса составил более 1,1 млн. т., это 35% от потребности. Поэтому проблема продовольственной независимости страны по производству рисовой крупы пока остается не решенной.

В нашей стране рис возделывают при присутствии слоя воды на поле. Затраты оросительной воды при этом составляют от 12 до 25 тыс. m^3 /га. С учетом потерь, достигающих 30% и более при транспортировании ее от источника орошения до рисового поля по каналам, объем забора воды возрастает до 17-36 тыс. m^3 на 1 га [1-8, 11, 12].

Опыты, проведенные во ВНИИ риса и КубГАУ, доказали эффективность применения регуляторов роста при затоплении риса. Таким образом, стимуляторы роста ускорили прорастание, повысили всхожесть и густоту растений при предпосевной обработке семян риса Лиман, Рапан, Славянец регуляторами роста Циркон (0,1-10 мл/т), Эпином-Экстра (200 мл/т) и с хелатным комплексом микроэлементов Цитовит (1 мл/т). Еще одним преимуществом этих регуляторов роста является то, что их можно сочетать с обработкой семян фунгицидами или с внесением гербицидов [8]. Шеуджен А. Х. и Бондарева Т. Н. в проведенных опытах утверждают, что прибавка урожая зерна при однократной обработке семян препаратами Циркон и Эпин-Экстра составляет 0,65 т/га (10,5 %) и 0,35-0,45 т/га (5,6-7,0 %) за несколько лет. Двукратные обработки (предпосевная обработка + опрыскивание в период кущения) и трехкратные обработки (предпосевная обработка + опрыскивание в период кущения и в фазу выметывания) за сезон позволяют увеличить, помимо густоты посадки, урожайность зерен главного колоса, массу 1000 зерен, а также увеличивает количество растений, выживших после уборки, и качество зерна [12].

Цель исследований - оценить влияние доз вносимых макроудобрений и ростостимулирующих препаратов на характеристики растений риса, обеспечивающие плановую продуктивность при периодических поливах в оросительных системах общего пользования.

Материалы и методы. Исследования были проведены на посевах риса сорта «Сталинград 1» в двухфакторном полевом опыте на полигоне ФГБНУ ВНИИОЗ. По первому фактору дозы внесения макроудобрений, рассчитанных на получение 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) и 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) т зерна с 1 га. Дозы макроудобрений по вариантам рассчитывались по методике В.И. Филина (1994). Второй фактор включал 3 варианта по ростостимулирующим препаратам: микробиологический – Экстрасол, хелатное микроудобрение – Циркон и микроудобрение – Нанокремний. Обработки проводились: семенного материала + по вегетации; по вегетации. Контрольный вариант был без обработки.

Посев проводили при прогревании почвы до 14 °С сеялкой СН-16. Поливали рис дождеванием. Влагу в почве определяли прибором AQUATERR T-350. Опыт был заложен при систематическом расположении вариантов. Повторность опыта – трехкратная, учетная площадь делянки по дозам удобрений 198,8 м² и ростовым препаратам – 22,4 м².

Полевые опыты сопровождалась наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований общепринятых методик опытного дела.

Результаты и обсуждение. Оценка результатов исследований показала, что наиболее продолжительной переходной фазой во всех исследованных вариантах дозировки вносимых удобрений и стимуляторов роста была фаза «пузырькового расчесывания». Максимальный его уровень наблюдался в посевах риса при внесении N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7 т/га) и обработке семян и вегетирующих растений микробиологическим препаратом продолжительностью 32 суток. Минимальное количество дней можно проверить в варианте внесения удобрений N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) без обработки в вегетативный период ростостимулирующими препаратами, которое составило 23 суток. Минимальный период между фазами, независимо от дозы макроудобрений и стимуляторов роста, был периодом «молочной зрелости» и в зависимости от вариантов изучаемых факторов варьировал от 5 до 7 суток.

Таблица 1 - Показатели характеристики растений риса, по изучаемым дозам удобрений и ростовым препаратам при дождевании

Table 1 - Indicators of the characteristics of rice plants, according to the studied doses of fertilizers and growth preparations during sprinkling

Изучаемый вариант	Дата посева	Дата полной спелости зерна	Продолжительность жизненного цикла растений, сутки	Сумма среднесуточных температур воздуха, °С
Контроль (N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) б/о)	06.05	18.09	105	2398,2
Контроль (N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) б/о)	06.05	25.09	112	2593,2
Обработка семенного материала + по вегетации				
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+экстрасол	06.05	25.08	112	2593,2
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ циркон	06.05	22.08	109	2511,6
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ нанокремний	06.05	23.08	110	2540,0
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+экстрасол	06.05	03.08	121	2768,4
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ циркон	06.05	30.08	117	2689,5
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ нанокремний	06.05	01.09	119	2728,8
Обработка по вегетации				
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+экстрасол	06.05	23.08	110	2540,0
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ циркон	06.05	20.08	107	2455,7
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ нанокремний	06.05	21.08	108	2483,6
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+экстрасол	06.05	31.08	118	2708,7
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ циркон	06.05	27.08	114	2637,4
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ нанокремний	06.05	28.08	115	2656,1

Также установлено, что у N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) без обработки семян и у вегетирующих растений от посева до полной спелости зерна прошло 105 суток при сумме среднесуточных температур 2398,20 °С (табл. 1). В варианте N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) + цирконий жизненный цикл риса при обработке семян из материала + в течение вегетационного периода увеличился до 109 суток, а сумма среднесуточных температур воздуха увеличилась до 2511,60 °С. Наибольшее количество суток при этой обработке было при внесении той же дозы удобрения, но при обработке Экстрасолом, что составило 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С.

В контроле при $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) выращивание риса проходило жизненный цикл за 112 суток при сумме за сутки температур воздуха 2593,2 °С. При применении той же дозы, но при обработке семян вегетативный период удлинялся на 5 суток, а сумма средних за сутки температур воздуха - 96,3 °С, но была ниже обработки Экстрасолом на 4 суток и 78,9 °С. Всё то же самое было и в других вариантах, когда рис выращивали по вегетативным обработкам.

В условиях оптимального сочетания водного и питательного режимов почвы продуктивность растений возрастает, так как из почвы они имеют возможность использовать запасы влаги и питательных веществ в соответствии с биологическими потребностями.

Из рисунка 1 ниже видно, что самая большая продуктивность была при $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол и обработке семян + вегетативный период и составила 7,51 т/га. При той же дозе макроудобрений и обработкой тем же препаратом для выращивания, но только при обработке в вегетативный период количество собранного зерна упала на 0,24 т/га. Внесение $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + препарат Экстрасол при обработке семян + вегетативный период дало получению урожая 6,36 т/га зерна.

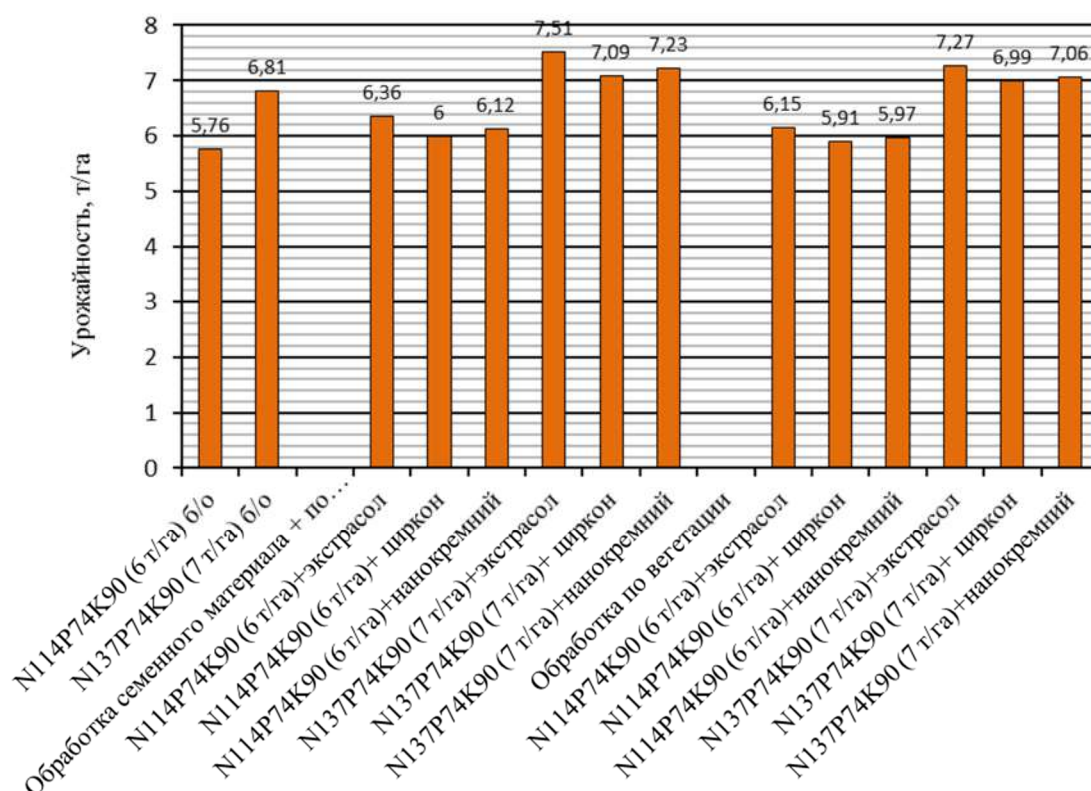


Рисунок 1 – Урожайность риса при дождевании, т/га. НСР₀₅: 2017 – 0,013; 2018 – 0,016

Figure 1 – Rice yield during sprinkling, t/ha. NSR₀₅: 2017 – 0.013; 2018 – 0.016

При такой же дозе макроудобрений и препарата но при обработке только по вегетативному периоду собранное зерно упало на 0,21 т/га. Все то же самое видно в вариантах при внесении $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + Циркон и + Нанокремний при обработках семян + в вегетативный период. В контроле $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок был самый низкий сбор зерна, составивший 5,76 т/га.

Из анализа данных представленных в таблице 2 видно, что в варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработки ростостимулирующими препаратами на посевах аэробного риса были получены самые низкие показатели структуры урожая.

Так, продуктивная кустистость риса составила 1,8, высота растений 0,814 м, длина метелки 0,179 м, число зерен в метелке 56 штук, масса зерна одной метелки $1,29 \times 10^{-3}$ кг. При внесении этой же дозы макроудобрений но при обработке растений риса ростостимулирующими препаратами структурные показатели, формирующие урожайность риса, увеличились. Так, продуктивная кустистость – до 2,0, высота растений – 0,833 м, длина метелки – 0,186 м, число зерен в метелке – 60 штук, масса зерна одной метелки $1,31 \times 10^{-3}$ кг.

Таблица 2 – Структурные показатели формируемые урожайность риса при дождевании

Table 2 – Structural indicators of the formed rice yield during sprinkling

Изучаемые варианты	Количество растений на 1 м ² , шт.	Продуктивная кустистость	Высота растений, м	Длина метелки, м	Число зерен в метелке, шт.	Масса зерна в метелке, 10 ⁻³ кг	Масса 1000 зерен, 10 ⁻³ кг
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га), б/о	268	1,8	0,814	0,179	56	1,29	29,67
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га), б/о	271	1,8	0,818	0,181	57	1,29	29,75
Обработка семенного материала + по вегетации							
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + экстрасол	279	2,0	0,833	0,186	60	1,31	29,86
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + циркон	275	2,0	0,826	0,183	59	1,30	29,80
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + нанокремний	277	2,0	0,829	0,184	59	1,30	29,83
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + экстрасол	288	2,1	0,844	0,191	66	1,39	30,29
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + циркон	281	2,1	0,835	0,188	63	1,35	30,20
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + нанокремний	285	2,1	0,839	0,189	64	1,37	30,23
Обработка по вегетации							
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + экстрасол	276	1,9	0,829	0,183	58	1,29	29,78
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + циркон	271	1,9	0,822	0,180	57	1,28	29,73
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) + нанокремний	274	1,9	0,826	0,181	57	1,28	29,75
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + экстрасол	282	2,0	0,838	0,189	64	1,37	30,19
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + циркон	276	2,0	0,830	0,186	60	1,30	30,10
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) + нанокремний	279	2,0	0,833	0,187	61	1,32	30,13

Максимальная продуктивная кустистость была получена в варианте внесения N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7 т/га) на фоне обработок семенного материала и вегетирующих растений микробиологическим препаратом Экстрасол и составила 2,1, высота растений – 0,844 м, длина метелки – 0,191 м, число зерен в метелке - 66 штук, масса зерна в одной метелке - $1,39 \times 10^{-3}$ кг.

Из представленной информации в таблице 2 также видно, что масса 1000 зерен в данных вариантах разнилась. Так, она при N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) и без обработки была самой низкой $29,67 \times 10^{-3}$ кг. Самое большое её значение, $30,29 \times 10^{-3}$ кг, было при N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7 т/га) с обработкой семян и при вегетативном периоде препаратом Экстрасол.

Выводы. В N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) без обработки семян и в течение вегетационного периода от посева до созревания зерна рису требовалось не менее 105 суток при среднесуточной температуре 2398,2 °С. Наибольшее количество суток было с N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7 т/га) и обработкой Экстрасолом, что составило 112 суток при числе среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С.

Самое большое количество собранного зерна было при N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7 т/га) + Экстрасол при обработке семян + в вегетативный период, который составил 7,51 т/га. В контроле при внесении N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) без обработок было собрано самое малое количество зерна 5,76 т/га.

Масса 1000 зерен в варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и без обработки была самая минимальная и составила $29,67 \times 10^{-3}$ кг. Самое большое значение, $30,29 \times 10^{-3}$ кг, было при $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) с обработкой семян и в вегетативный период препарата Экстрасол.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водопотребления с рисовых оросительных систем // Научный журнал: Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 1-22.
2. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 20-29.
3. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.
4. ИONOBA Л. П., Арыкбаев Р. К. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 43-56.
5. Кружилин И. П., Новиков А. Е., Дубенок Н. Н. Обоснование водного режима почвы и регламента поливов аэробного риса // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 62-66.
6. Малеванная Н. Н. Брассиностероиды – новый класс фитогормонов плеiotропного действия // Полифункциональность действия брассиностероидов: сб. науч. тр. М.: «НЭСТ М», 2017. С. 5-17.
7. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55.
8. Родин К. А., Невежина А. Б., Нарушев В. Б. Влияние водного и пищевого режимов почвы на изменение корневой массы и урожайности риса при капельном орошении // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 38-41.
9. Сочетание природных и антропогенно регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 41-44.
10. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. Эффективность применения Циркона и Эпина-Экстра на посевах риса // Полифункциональность действия брассиностероидов: сб. науч. тр. М.: «НЭСТ М», 2017. С. 45-53.
11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.
12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // Journal of Agronomy and Crop Science. 2020. V. 206. I. 4. P. 491-503.

Информация об авторах

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: esvoronts@mail.ru

SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AS A FACTOR OF INFLUENCE ON YIELD DURING THE CULTIVATION OF SPRING HARD WHEAT IN MONOCULTURE AND CROPS IN THE STEPPE ZONE OF SOUTHERN URALS

V. Yu. Skorokhodov

*Federal Scientific Center for Biological Systems and
Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg*

Received 11.04.2022

Submitted 13.05.2022

The research was carried out in accordance with the R&D plan for 2022-2024 of the Federal State Budgetary Scientific Research Center of the BST RAS "Development of scientifically based parameters of productivity of agrocenoses with improved quality indicators of crop production based on adaptive technologies of cultivation of grain ear and fodder crops, the use of new technological techniques, improvement of crop rotations, the use of methods of long-term forecasting of yields for farms of the steppe zone with different levels intensification and specialization in a changing climate and increasing anthropogenic impact (No. 0526-2022-0014)".

Summary

The studies were carried out in accordance with the research plan for 2022-2024. Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences «Development of scientifically substantiated parameters of the productivity of agrocenoses» with improved indicators of the quality of crop production based on adaptive technologies for the cultivation of cereals and fodder crops, the use of new technological methods, the improvement of types of crop rotations, the use of methods of long-term forecasting yields for farms in the steppe zone with different levels of intensification and specialization in a changing climate and increasing anthropogenic impact (No. 0526-2022-0014)"

Abstract

Introduction. The Orenburg region occupies a leading position in the Southern Urals in terms of the area of cultivation of durum spring wheat. Of great importance is the increase in crop yields due to agrotechnological solutions. In world science, great interest is given to the study of the biological activity of the soil and nutrient soil elements. This article discusses the problem of increasing soil fertility by increasing the microbiological activity of the soil and selecting crops in crop rotations that provide the optimal content of macronutrients and increase the productivity of the studied durum wheat. The influence of biological factors on the formation of the yield of spring durum wheat under arid conditions has not been studied enough, which is the reason for our research on the influence of biological activity of soil and macroelements on crop productivity in the steppe zone of the Southern Urals. **The aim** of the study is to identify biological factors influencing the productivity of spring durum wheat cultivated in crop rotations and monoculture in arid conditions of the Southern Urals. **Object.** The object of this study is the crops of durum spring wheat cultivated permanently and in crop rotations with different lengths of rotation and a set of crops. **Materials and methods.** Field studies were carried out at the hospital of the department of agriculture and resource-saving technologies of the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences. The stationary experimental site was founded in 1988 at the coordinates 51.775125o N. 55.306547 about east The soil of the experimental plot is represented by southern carbonate low-humus heavy loamy chernozem with total nitrogen content up to 0.3%, total phosphorus up to 0.22%, exchangeable potassium 30-38 mg/100 g of soil, humus content 3.2-4.0%. When studying the biological activity of the soil, the method of application and decomposition of linen was used. The content of macroelements in the soil was determined by the ionometric method and the Machigin method. According to the results of the experiment, statistical processing was carried out by the method of multiple regression in the program "Statistica 12.0". Field experiments were laid from 2002 to 2021 according to the method of B.A. Dospekhov. **Results and conclusions.** In the variants of the experiment, the highest (12.6%) biological activity of the soil in the 0-20 cm layer was established when durum wheat was cultivated in green manure fallow. Microbiological soil activity is determined by the quantitative content of nitrates and mobile forms

of phosphorus and potassium in the soil. We have revealed an increase in the activity of cellulose-decomposing microorganisms against the background of an increase in nitrate nitrogen under crops of spring durum wheat. The maximum content of nitrates is fixed in the green manure fallow after sowing of durum wheat (8.0 mg/100 g of soil). After harvesting the culture, the largest amount of nitrate nitrogen was in the variant of the experiment with peas, which is explained by the functioning of nodule bacteria on the predecessor. The minimum content of nitrates in the soil is observed during permanent cultivation of the crop in spring (5.9 mg) and autumn (5.1 mg/100 g of soil). In the variant with winter rye, the highest content of potassium is noted (40.1 and 41 mg) due to the entry into the soil of a large vegetative mass of the previous crop. The study determined the highest yield of durum wheat in the control variant of the experiment 0.92 tons per 1 ha. In the control variant of the experiment with spring durum wheat on black fallow, the influence of the soil biological activity factor on the crop yield was 51.6% with a significance level of $p=0.0005$. In two-field crop rotations with millet and barley, there is a decrease in microbiological processes to the level of 5.9 and 5.4%, respectively. The yield level of durum spring wheat is affected by the content of macroelements in the soil and the share of the influence of nitrate nitrogen is 52.4, mobile phosphorus 35.3 and exchangeable potassium 36.8%. For the influence of the factor in the variant of the double field of spring durum wheat with millet, it was 45.4% for nitrogen, 31.9% for phosphorus and 42.6% for potassium. Growing wheat in a two-field crop rotation with millet leads to a decrease in crop yields to the minimum (0.51 t/ha) indicators.

Keywords: *soil biological activity, crop rotation, durum wheat, productivity, monoculture.*

Citation. Skorokhodov V.Yu. Soil biological activity as a factor of influence on yield during the cultivation of spring hard wheat in monoculture and crops in the steppe zone of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 195-202 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-23.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 633.112.1:631.582:631.4(470.56)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В МОНОКУЛЬТУРЕ И СЕВООБОРОТАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 11.04.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2022-2024 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН «Разработка научно-обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе адаптивных технологий возделывания зерновых колосовых и кормовых культур, применения новых технологических приемов, совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия (№0526-2022-0014)».

Актуальность. Оренбургская область занимает лидирующие позиции на Южном Урале по площади возделывания пшеницы твёрдой яровой. Важное значение имеет увеличение урожайности культуры за счёт агротехнологических решений. В мировой науке большой интерес представляет изучение биологической активности почвы и питательных почвенных элементов. В данной статье рассматривается проблема повышения почвенного плодородия за счёт усиления микробиологической активности почвы и подбора культур в севооборотах, обеспечивающих оп-

тимальное содержание макроэлементов и увеличивающих продуктивность изучаемой пшеницы твёрдой. Влияние биологических факторов на формирование урожайности яровой твёрдой пшеницы в засушливых условиях изучено недостаточно, что является причиной проведения нами исследований по влиянию биологической активности почвы и макроэлементов на продуктивность культуры в степной зоне Южного Урала. **Целью** исследования является выявление биологических факторов влияния на продуктивность яровой твёрдой пшеницы, возделываемой в севооборотах и монокультуре в засушливых условиях Южного Урала. **Объект.** В качестве объекта данного исследования выступают посевы пшеницы твёрдой яровой, возделываемой бессменно и в севооборотах с разной длительностью ротации и набором культур. **Материалы и методы.** Полевые исследования проводились на стационаре отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН». Стационарный опытный участок заложен в 1988 году в координатах 51.775125° с.ш. 55.306547° в.д. Почва опытного участка представлена чернозёмом южным карбонатным малогумусным тяжелосуглинистым с содержанием общего азота до 0,3 %, общего фосфора – до 0,22 %, обменного калия – 30-38 мг/100 г почвы, гумуса – 3,2-4,0 %. При изучении биологической активности почвы использовался метод аппликации и разложения льняного полотна. Содержание макроэлементов в почве определяли ионометрическим методом и методом Мачигина. По результатам эксперимента проводилась статистическая обработка методом множественной регрессии в программе «Statistica 12.0». Полевые опыты закладывались с 2002 по 2021 год по методике Б. А. Доспехова. **Результаты и выводы.** В вариантах эксперимента установлена наибольшая (12,6 %) биологическая активность почвы в слое 0-20 см при возделывании пшеницы твёрдой по сидеральному пару. Микробиологическая почвенная активность определяется количественным содержанием в почве нитратов и подвижных форм фосфора и калия. Нами выявлено увеличение активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов на фоне повышения нитратного азота под посевами яровой твёрдой пшеницы. Максимальное содержание нитратов фиксируется по сидеральному пару в срок после посева твёрдой пшеницы (8,0 мг/100 г почвы). После уборки культуры наибольшее количество нитратного азота в варианте опыта с горохом, что объясняется функционированием клубеньковых бактерий на предшественнике. Минимальное содержание нитратов в почве отмечается при бессменном возделывании культуры весной (5,9 мг) и осенью (5,1 мг/100 г почвы). В варианте с озимой рожью отмечается наибольшее содержание калия (40,1 и 41, мг) в связи с поступлением в почву большой вегетативной массы предшествующей культуры. Исследованием определена наибольшая урожайность твёрдой пшеницы в контрольном варианте опыта 0,92 т с 1 га. В контрольном варианте опыта яровой твёрдой пшеницы по чёрному пару влияние фактора биологической активности почвы на урожайность культуры составило 51,6 % с уровнем значимости $p=0,0005$. В двупольных севооборотах с просом и ячменём отмечается снижение микробиологических процессов до уровня 5,9 и 5,4 % соответственно. На уровень урожайности пшеницы твёрдой яровой влияет содержание в почве макроэлементов, и доля влияния нитратного азота составляет 52,4, подвижного фосфора – 35,3 и обменного калия – 36,8 %. Для влияния фактора в варианте двуполья яровой твёрдой пшеницы с просом составила по азоту 45,4, фосфору – 31,9 и калию – 42,6%. Выращивание пшеницы в двупольном севообороте с просом приводит к снижению урожайности культуры до минимальных (0,51 т/га) показателей.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, севообороты, твёрдая пшеница, урожайность твёрдой пшеницы, монокультуры.

Цитирование. Скороходов В. Ю. Биологическая активность почвы как фактор влияния на урожайность пшеницы твёрдой в монокультуре и севооборотах степной зоны Южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 195-202. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-23.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомлен с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Оренбуржье занимает лидирующие позиции на Южном Урале по площади возделывания яровой твёрдой пшеницы в сравнении с другими засушливыми регионами Российской Федерации. В области земледелия и в целом сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции стоит задача увеличения урожайности твёрдой пшеницы и при её выполнении важное место занимает изучение биологических факторов влияния. В мировой науке большое значение отводится изучению биологической активности почвы (БАП) и питательных почвенных макроэлементов.

Высокая урожайность твёрдой пшеницы достигается при повышенном содержании в почве азота, фосфора и калия. Азот в почве подвергается различным формам изменения, и его потребление растениями зависит от ряда факторов, в том числе зависит от возделывания предшествующей культуры [3, 5]. Формирование урожайности твёрдой пшеницы в опытах Оренбургского НИИСХ сопровождалось потреблением нитратов в среднем за 18 лет исследований по удобренному фону 1,2 мг, по неудобренному – 1,3 мг/100г почвы [1, 7]. Увеличение почвенного содержания фосфора в пахотном слое (0-30 см) в количестве 8,68 мг/100г повышает урожайность твёрдой пшеницы до 2,48 тонн с 1 га. Урожайность твёрдой пшеницы на уровне 2,52 т/га отмечается при содержании в почве калия до 47,6 мг/100 г [4, 8]. При содержании в пахотном слое почвы P_2O_5 от 2,1 до 108,3 кг на га повышается урожайность пшеницы с 0,37 до 1,32 т/га. Запасы азота в почве 99,7 кг/га в пахотном слое способствуют формированию урожайности на уровне 1,62 т с 1 га. Повышенное (800-1122 кг/га) содержание калия в почве перед посевом твёрдой пшеницы приводит к снижению урожайности культуры [12, 13].

Одним из показателей биологических процессов в почве является микробиологическая активность. Микроорганизмы, разрушающие целлюлозу, участвуют в процессе разложения клетчатки, накопленной пожнивными и другими растительными остатками. Скорость разрушения клетчатки указывает на интенсивность биологических почвенных процессов, определяющих условия формирования урожайности сельскохозяйственных культур [14]. Элементы почвенного питания для растений становятся более доступными при активной жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, а при создании благоприятных условий удваивается интенсивность биологических процессов [15].

Исследованиями выявлено увеличение активности микроорганизмов, разлагающих целлюлозу в почве под посевами твёрдой пшеницы при повышении содержания нитратного азота на чернозёмах южных [6, 11]. Биоактивность почвы под посевами яровой твёрдой пшеницы зависит от возделывания культуры в севообороте различной ротации, включающей монополевые [2, 9, 10].

Материалы и методы. В качестве объекта исследования выступает яровая твёрдая пшеница и почвенные образцы под вариантами опытов. Яровая твёрдая пшеница возделывалась в шестипольных, двупольных севооборотах и монокультуре. Схема опыта состоит из 10 вариантов: предшественники твёрдой пшеницы в шестипольных севооборотах 1. Чёрный кулисный пар (контроль), 2. Озимая рожь по чёрному кулисному пару, 3. Занятый пар с почвозащитным посевом суданской травы, 4. Сидеральный пар с бинарным посевом гороха и овса; в двупольных севооборотах 5. Кукуруза на силос, 6. Пшеница мягкая яровая, 7. Просо, 8. Ячмень, 9. Горох на зерно, 10. Монополевые пшеницы твёрдой яровой.

Набор культур и их последовательность в шестипольных севооборотах следующие: 1. Пар чёрный – изучаемый вариант пшеницы твёрдой – пшеница мягкая – сборное поле (кукуруза, просо, сорго, горох) – пшеница мягкая – ячмень (контроль), 2. Пар чёрный – озимая рожь – изучаемый вариант пшеницы твёрдой – сборное поле – пшеница мягкая – ячмень, 3. Пар занятый суданской травой - изучаемый вариант пшеницы твёр-

дой – пшеница мягкая – сборное поле – пшеница мягкая – ячмень, 4. Пар сидеральный с посевом гороха и овса – изучаемый вариант твёрдой пшеницы – пшеница мягкая – сборное поле – пшеница мягкая – ячмень.

В эксперименте применялся полевой метод, рекомендованный Б. А. Доспеховым. Делянки на стационарном участке расположены в четыре яруса систематически и имеют прямоугольную форму с размерами по ширине 14,4; 7,2 и 3,6 м. Площадь опытных делянок в шестипольных севооборотах составляет 864 м², в двупольных севооборотах – 432 м², в двупольных севооборотах – при чередовании с горохом и ячменём 216 м². Общая площадь посева на стационарном опытном участке занятая изучаемой культурой пшеницы твёрдой яровой, составляет 22 464 м² с учётом четырёх повторений.

Посев пшеницы твёрдой яровой (сорт Оренбургская 10) проводился в первой декаде мая сеялкой СЗП-3,6 с последующим прикатыванием ЗКШ-6. Норма высева семян пшеницы твёрдой составляла 180 кг на 1 га. Урожайность пшеницы учитывалась с помощью селекционного комбайна марки Terrior SR 2010, с учётной площади 120 м². При оценке биологической активности почвы на изучаемых вариантах опыта применялся аппликационный метод разложения льняного полотна в результате микробиологической деятельности. После посева пшеницы твёрдой яровой на каждом варианте опыта производили закомку проб в почву из стеклянных прямоугольников, обёрнутых льняным полотном, на глубину 20 см. Срок нахождения льняной ткани в почве составлял 90 дней, затем пробы выкапывали, подсушивали, взвешивали и по убыли массы льняной ткани определяли процент разложения полотна.

Для определения содержания макроэлементов в почве под вариантами опытов использовали ручные пробоотборники. Образцы для определения NPK отбирали в два срока (после посева и после уборки твёрдой пшеницы) с глубины 0-30 см на двух несмежных повторениях опыта. Содержание макроэлементов в почве определяли ионометрическим методом и методом Мачигина в лаборатории Центра коллективного пользования (https://xn__btbzumgw.xn__plai). Лабораторный анализ почвенных проб соответствовал ГОСТу 26951-86 и 26205-91. По результатам эксперимента проводилась математическая статистическая обработка методом множественной регрессии в программе «Statistica 12.0».

Результаты и обсуждение. В результате проведённых исследований установлено, что на уровень урожайности пшеницы твёрдой яровой непосредственное влияние оказывают набор предшественников в севооборотах и длительное бессменное возделывание культуры. Эксперимент проводился с 2002 по 2021 годы, и определена степень разложения льняного полотна под вариантами с посевом пшеницы твёрдой яровой в сопряжении с разными предшественниками в севооборотах. Установлена наибольшая (12,6 %) биологическая активность почвы в слое почвы 0-20 см в четвёртом варианте опыта при возделывании пшеницы твёрдой по сидеральному пару (таблица 1). За счёт последствий запаханной сидеральной массы и увеличения содержания органического вещества, стимулирующего выработку нитратного азота, создаются благоприятные условия для активности микроорганизмов, разлагающих клетчатку.

В седьмом (по просу) и восьмом (по ячменю) вариантах опыта отмечается снижение микробиологических процессов, на что указывают полученные данные по биологической активности почвы на уровне 5,9 и 5,4 % соответственно. В других вариантах эксперимента степень разложения льняного полотна составила от 9,9 до 10,8 %.

Целлюлозоразлагающая деятельность микроорганизмов (грибов, ферментов, бактерий) в большой степени зависит от вида предшественника и почвенных условий, созданных при ротации культур в севообороте и многолетнем бессменном возделывании, приводящих к различной доступности подвижных форм питательных веществ. Микро-

биологическая почвенная активность определяется количественным содержанием в почве нитратов и подвижных форм фосфора и калия. В нашем исследовании выявлено увеличение активности разлагающих целлюлозу микроорганизмов на фоне повышения нитратного азота под посевами пшеницы твёрдой. Максимальное содержание нитратов фиксируется в четвёртом варианте по сидеральному пару и в срок после посева пшеницы твёрдой составило 8,0 мг/100 г почвы. После уборки пшеницы твёрдой наибольшее (7,1 мг/га) количество нитратного азота в девятом (после гороха) варианте опыта, что объясняется накоплением азота за счёт функционирования клубеньковых бактерий на предшествующем горохе. Минимальное количество нитратов отмечается на варианте бесменного возделывания твёрдой пшеницы по двум срокам определения и составляет соответственно в посев культуры 5,9 и в уборку 5,1 мг/100 г почвы. За время исследований содержание фосфора в почве находилось в интервале 4,0-4,5 мг/100 г почвы, ввиду низкого потребления культурой пшеницы твёрдой. Количественное содержание обменного калия в почве в течение вегетационного периода составило от 31,9 до 41,0 мг/100 г почвы в среднем по всем предшественникам. Во втором варианте (с озимой рожью) опыта отмечается наибольшее содержание калия (40,1 и 41,0 мг) в результате поступления большой вегетативной массы предшествующей озимой ржи, тем самым увеличивается органическое вещество в почве. Уровень содержания макроэлементов в почве и их доступность культуре пшеницы твёрдой определяли величину урожайности. Исследованием определена наибольшая урожайность пшеницы твёрдой в контрольном первом варианте опыта 0,92 т/га. В седьмом и десятом вариантах опыта получена наименьшая урожайность пшеницы твёрдой в севообороте по просу 0,51 т в монопосеве – 0,59 т/га. Часто повторяющиеся засухи в течение вегетационного периода приводят к снижению урожайности пшеницы твёрдой по всем вариантам предшественников.

Таблица 1 – Степень разложения льняного полотна, содержание в почве макроэлементов и урожайность пшеницы твёрдой в сопряжении с предшественниками (в среднем за 2002-2021 годы)

Table 1 – The degree of decomposition of linen, the content of trace elements in the soil and the yield of durum wheat in conjunction with its predecessors (on average for 2002-2021)

Вариант посева пшеницы твёрдой яровой		Разложе- ние льняного полотна, %	Содержание макроэлементов в слое почвы 0-30 см по сро- кам определения						Урожай- ность, т/га	
			NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O			
			I*	II**	I	II	I	II	т/га	НСР ₀₅
Шести- польные севообо- роты	1. По чёрному пару (контроль)	10,8	6,4	6,2	4,5	4,1	39,7	39,1	0,92	0,47
	2. По озимой ржи	10,7	6,8	5,9	4,4	4,2	41,0	40,1	0,76	0,40
	3. По занятому пару	10,1	6,3	6,2	4,4	4,0	38,3	38,0	0,80	0,45
	4. По сидеральному пару	12,6	8,0	6,5	4,3	4,2	38,9	37,0	0,85	0,46
Дву- польные севообо- роты	5. По кукурузе на силос	9,9	7,7	5,8	4,1	4,0	37,4	33,7	0,73	0,38
	6. По пшенице мягкой	10,4	6,2	6,0	4,2	4,0	38,9	34,3	0,63	0,34
	7. По просу	5,9	6,7	5,4	4,3	4,1	34,9	31,9	0,51	0,31
	8. По ячменю	5,4	7,2	6,9	4,2	4,1	35,4	32,9	0,71	0,37
	9. По гороху	10,6	7,3	7,1	4,3	4,0	36,8	32,5	0,66	0,35
10. Монопосев пшеницы твёрдой яровой		10,1	5,9	5,1	4,3	4,1	36,7	33,8	0,59	0,30

Примечание: I* - после посева, II** - в период уборки.

В контрольном варианте опыта пшеницы твёрдой яровой по чёрному пару влияние фактора биологической активности почвы на урожайность культуры составило 51,62% при положительных показателях коэффициентов бета, регрессии, детерминации, с уровнем значимости 0,0005 (таблица 2).

На уровень урожайности пшеницы твёрдой яровой влияет содержание в почве макроэлементов, и доля влияния нитратного азота составляет 52,43, подвижного фосфора – 35,27, обменного калия – 36,80 % при варьировании положительных чисел математической регрессии с уровнем значимости соответственно 0,0004, 0,0073 и 0,0059 ($P \leq 0,05$).

Возделывание пшеницы твёрдой в двупольном севообороте с просом приводит к снижению урожайности культуры до минимальных показателей в результате замедления микробиологических процессов в почве, ограничивающих доступность макроэлементов. Доля влияния фактора макроэлементов во втором варианте опыта (двуполье с просом) составила по азоту 45,45, фосфору – 31,91 и калию – 42,63 % при положительных значениях множественной регрессии с достоверностью 0,0015, 0,0117 и 0,0024. При математической обработке данных влияние биологической активности почвы с сопряжением содержания макроэлементов на урожайность твёрдой пшеницы на остальных вариантах опыта отсутствует.

Таблица 2 - Влияние биологической активности почвы и содержания макроэлементов в период посева пшеницы твёрдой яровой в севооборотах при расчёте множественной регрессии (2002-2021 годы)

Table 2 - Influence of soil biological activity and macronutrient content during the sowing period of spring durum wheat in crop rotations when calculating multiple regression (2002-2021)

Вариант опыта		Показатели							
		коэффициент бета	стандартная ошибка бета	коэффициент регрессии	ошибка регрессии	критерий Стьюдента	коэффициент детерминации	уровень значимости	доля влияния фактора, %
1. Пшеница твёрдая по чёрному пару в 6-польном севообороте	БАП*	0,72	0,17	0,59	0,14	4,26	0,51	0,0005	51,62
	NO ₃	0,72	0,17	1,56	0,36	4,33	0,52	0,0004	52,43
	P ₂ O ₅	0,59	0,19	2,86	0,94	3,04	0,35	0,0073	35,27
	K ₂ O	0,61	0,19	0,87	0,27	3,14	0,36	0,0059	36,80
2. Пшеница твёрдая по просу в двупольном севообороте	NO ₃	0,67	0,18	0,61	0,16	3,76	0,45	0,0015	45,45
	P ₂ O ₅	0,56	0,20	0,84	0,30	2,82	0,31	0,0117	31,91
	K ₂ O	0,65	0,18	0,12	0,03	3,55	0,42	0,0024	42,63

*БАП – биологическая активность почвы.

Выводы. Исходя из проведённого исследования для увеличения урожайности пшеницы твёрдой яровой рекомендуется её возделывание в шестипольных севооборотах по чёрному пару. Во втором варианте опыта (контроль) доля влияния фактора биологической активности почвы на урожайность культуры составила 51,62 %, содержания азота – 52,43, фосфора – 35,27, калия – 36,80 %.

Выращивание пшеницы твёрдой в двупольном севообороте с просом приводит к снижению урожайности культуры до минимальных показателей 0,51 т/га при замедлении микробиологических почвенных процессов.

Библиографический список

1. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества твёрдой пшеницы в засушливых условиях / И. И. Васенев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 30-37.
2. Балашов В. В., Лёвкина К. В., Кудина К. А. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2017. № 4. С. 29-35.
3. Гончаров С. В., Курашов М. Ю. Перспективы развития российского рынка твёрдой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 66-75.

4. Горянин О. И., Щербинина Е. В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 11-14.
5. Кузнецов Д. А. Влияние минеральных удобрений и норм высева на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 25-29.
6. Сапега В. А., Турсунбекова Г. Ш. Урожайность экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (2). С. 114-123.
7. Скороходов В. Ю. Совершенствование технологии возделывания яровой твёрдой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 11-14.
8. Скороходов В. Ю. Последствие предшественников яровой твёрдой пшеницы на урожайность и содержание калия в почве при долготлетних исследованиях на чернозёме южном степной зоны Южного Урала // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 4. С. 313-325.
9. Скороходов В. Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 55-59.
10. Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсёвалов М. И. Биологизация севооборотов и качества зерна яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (46). С. 58-64.
11. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов и др. // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 29-35.
12. Adaptive Traits to Improve Durum Wheat Yield in Drought Crown Rot Environments / S. Alahmag [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2020. Vol. 21 (15). P. 52-60.
13. Management of common root rot and Fusarium Aoot rot of wheat using Brassica carinata break crop green manure / V. Campanella [et al.] // Crop Protection. 2020. Vol. 130. P. 105-173.
14. Rising Atmospheric Temperature Impact on Wheat and Thermotolerance Strategies / K. Adeel [et al.] // Plants. 2021. № 10 (1). P. 43.
15. Thalmann M., Santelia D. Strach asa determinant of plant fitness under abiotic stress // New phytol. 2017. No 214 (3). P. 943-951.

Информация об авторе

Скороходов Виталий Юрьевич, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и РСТ», ФГБНУ ФНИЦ БСТ РАН (460051, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(906)845-87-45, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-24

ADAPTIVE AND PRODUCTIVE POTENTIAL OF CEREALS OF STAVROPOL SELECTION IN PHYTOMELIORATION OF PASTURE LANDS OF THE WESTERN CASPIAN

G. A. Surkhaev, S. N. Sivtseva, T. F. Makhovikova, G. M. Surkhayeva

*North Caucasus Branch of the Federal Research Center for Agroecology of Integrated Land
Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*

Received 20.07.2022

Submitted 31.08.2022

Abstract

Introduction. The relevance of the research is dictated by the need for urgent restoration of the productive potential and phytocenotic diversity of degraded pasture lands in the Western Caspian region, using highly adaptive and productive cereal varieties of herb- meliorants for this purpose. **Object.** The object of research was experimental sowing of improved varieties of cereals of Stavropol selection on sandy soils of the experimental range of the «Achikulak Research Forest Experimental Station» in the period 2003-2017. **Materials and methods.** Breeding material for the study of their adaptive and productive potential in arid conditions of the region, provided by the «Stavropol Research Institute of Agriculture».

Studies of the phenology of the development and evaluation of the naturalization of cereals in the conditions of sandy lands of the region were carried out using generally accepted methodological developments in plant introduction and breeding. **Results and conclusions** achieved during a long (15 years) monitoring of vegetative, generative and productive potential of cereals of improved breeding (*Elytrigia elongata* Solonchakoviya wheatgrass, *Elytrigia elongata* Stavropolsky 10 wheatgrass, *Elytrigia intermedia* Stavropolsky 31 wheatgrass, *Agropyron Sibirsky* Novator wheat grass, *Agropyron Wikraw* wheat grass, *Bromus inermis* «Stavropolsky 35», *Bromus inermis* «Vegur»), in the conditions of low-humus soils of the region, it was possible to scientifically substantiate the assessment of significant ecological and economic prospects for their use in phytomelioration of degraded pasture lands of the Western Caspian.

Key words: *phytomelioration, Western Caspian, digression, grasses, adaptation, meliorant plants, arid pastures.*

Citation. Surkhaev G.A., Sivtseva S.N., Makhovikova T.F., Suraeva G.M. Adaptive and productive potential of cereals of Stavropol selection in phytomelioration of pasture lands of the Western Caspian. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 202-210 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-24.

Author's contribution. All the authors participated in the implementation of this scientific research.

Conflict of interests. The authors have no conflict of interests.

УДК 633.2.03

АДАПТИВНЫЙ И ПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР СТАВРОПОЛЬСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ПАСТИЩНЫХ УГОДИЙ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Г. А. Сурхаев, кандидат сельскохозяйственных наук

С. Н. Сивцева, научный сотрудник

Т. Ф. Маховикова, научный сотрудник; Г. М. Сурхаева, научный сотрудник

Северо-Кавказский филиал ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии
комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук,
Ставропольский край, Нефтекумский р-н, с. Ачикулак

Дата поступления в редакцию 20.07.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Актуальность исследований продиктована необходимостью неотложной реставрации продуктивного потенциала и фитоценотического разнообразия деградированных пастбищных угодий в Западном Прикаспии с использованием для этой цели высоко адаптивных и урожайных злаковых сортов трав-мелиорантов. **Объектом** НИР стали опытные посевы улучшенных сортов злаковых культур ставропольской селекции на песчаных почвах экспериментального полигона Ачикулакской НИЛОС в период 2003-2017 гг. **Материалы и методы.** Селекционный материал для изучения их адаптивного и продуктивного потенциала в аридных условиях региона предоставлен Ставропольским НИИ сельского хозяйства. Исследования фенологии развития и оценки натурализации злаковых культур в условиях песчаных земель региона проводились с использованием общепринятых методических разработок в интродукции и селекции растений. **Результаты и выводы,** достигнутые в ходе длительного (15 лет) мониторинга вегетативного, генеративного и продуктивного потенциала злаковых культур улучшенной селекции (пырей удлиненный Солончаковский, пырей удлиненный Ставропольский 10, пырей средний Ставропольский 31, житняк сибирский Новатор, житняк гребенчатый Викрав, кострец безостый Ставропольский 35, кострец безостый Вегур), в условиях малогумусных почв региона позволили научно обосновать оценку значительной эколого-экономической перспективы их использования в фитомелиорации деградированных пастбищных угодий Западного Прикаспия.

Ключевые слова: *фитомелиорация, Западный Прикаспий, селекция злаковых культур, злаковые травы, растения-мелиоранты, аридные пастбища.*

Цитирование. Сурхаев Г. А., Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Сурхаева Г. М. Адаптивный и продуктивный потенциал злаковых культур ставропольской селекции в фитомелиорции пастбищных угодий Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 202-210. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-24.

Авторский вклад. Все авторы участвовали в выполнении данного научного исследования.

Конфликт интересов. У авторов нет конфликта интересов.

Введение. Аридные пастбища Западного Прикаспия (около 2 млн га) – основа кормовой базы овцеводства южных регионов России (полупустынные районы Ставрополя, Калмыкии, Чечни и Дагестана) [1, 10]. Здесь большей частью преобладают почвы легкого механического состава (песчаные, супесчаные), характеризующиеся вариабельностью засоления (0,3-1,8 %) и относительно неглубоким залеганием (2-10 м) грунтовых вод с различной степенью минерализации (1-15 г) [9]. Среднегодовая температура воздуха +12,6 °С, абсолютные значения которой составляют для летнего периода +44 °С, и зимнего – минус 36 °С, а многолетняя норма осадков на территории колеблется в пределах 200-350 мм в год [11].

Растительность пастбищных угодий региона представлена полынно-злаковыми, ковыльно-полынными и полынно-эфемеровыми ассоциациями, особенностью развития которых на песках является отсутствие сплошного покрова трав [6, 8]. Низкая питательность и продуктивность (2-6 ц/га) деградированных пастбищ – основные факторы, сдерживающие кормообеспеченность динамично растущего поголовья степного животноводства полупустынной территории [9, 13]. Процессы дигрессии природных пастбищ Западного Прикаспия с начала двухтысячных сопровождаются ускоренным падением их кормоемкости и флористического разнообразия [14, 15].

Известно, что фитомелиорация – это эффективный и экономичный способ восстановления деградированных пастбищ, в котором ключевое место отводится подбору и адаптации хозяйственно-ценных травянистых, кустарниковых и древесных растений-мелиорантов в целях повышения фитопродуктивного, биоценотического и противодеградационного потенциала таких угодий [2, 3].

Итоги многолетних интродукционных исследований широкого ассортимента хозяйственно-ценных злаковых трав ставропольской селекции позволили получить комплексную оценку биоэкологического и биопродуктивного потенциала лучших сортов пырея, костреца, житняка в условиях песчаных почв Западного Прикаспия [7, 12].

Материалы и методы. Исследования по изучению особенностей роста и развития улучшенного ассортимента злаковых трав ставропольской селекции (7 сортов): пырей удлиненный Солончаковый, пырей удлиненный Ставропольский 10, пырей средний Ставропольский 1, житняк сибирский Новатор, житняк гребенчатый Викрав, кострец безостый Ставропольский 31, кострец безостый Вегур проводились на песчаном массиве научно-экспериментального полигона Ачикулакской НИЛОС в период 2003-2017 гг.

Почвы здесь – черноземовидные супеси с относительно неглубоко (3,0-3,5 м) залегающими, слабоминерализованными (3-5 г/л) грунтовыми водами. Опытные посевы сформированы лентами шириной по 6 м, с ветрозащитой однорядных посадок невысокого (3-5 м) кустарника унаби. Сев многолетних трав – ранневесенний зернотравяной сеялкой в предварительно подготовленную и удобренную почву (осеннее дискование, безотвальное рыхление и весеннее предпосевное боронование с внесением органики в дозе 8-10 т/га).

Селекционный материал злаковых трав для опытных работ предоставлен Ставропольским НИИ сельского хозяйства в 2002 году. Особенности фенологии развития и натурализации растений-интродуцентов в жестких эдафических условиях песков изучались с использованием общепринятых методических разработок по оценке адаптивного и продуктивного потенциала аридных кормовых растений [4, 5] (рисунок 1).



А

Б

Рисунок 1 – Опытные посевы злаковых культур костреца (А) и пырея (Б) ставропольской селекции на интродукционном участке Ачикулакской НИЛОС

Figure 1 – Experimental crops of grass crops of rump (A) and wheatgrass (B) of Stavropol selection at the introduction site of the Achikulak NILOS

Результаты и обсуждение. По данным многолетнего мониторинга адаптации селекционно улучшенных злаковых трав на Терско-Кумских песках, первая фаза – начало вегетации (отрастание) наблюдается в марте (06-20) с наступлением устойчивых эффективных температур ($+5^{\circ}\text{C}$ и выше) и продолжается 20-25 дней.

Следом отмечается вторая фаза – весеннее кущение, в которую происходит образование и рост вегетативных побегов из узла кущения растений, что совпадает с появлением 4-5^{го} листа главного побега. Для сеяных (культурных) кормовых угодий по срокам кущения определяют наступление пастбищной спелости стравливания травостоя овцами (h 10-15 см) и КРС (h 20-25 см).

По данным исследований, сеяные злаковые травы, особенно житняковые и кострецовые сорта, достигают его на 10-12 дней раньше, чем травостой природных кормовых угодий в данном регионе, что обуславливают ускоренные сроки начала ранневесеннего выгула животных и тем самым повышают экономическую эффективность использования фитомелиорированных пастбищ.

Вслед за кущением, через 20-25 дней, наступает фаза выхода в трубку, которая на 10-15 дней разнится по срокам начала у испытываемых сортов злаковых трав и сопровождается формированием на главном побеге стеблевых узлов с достижением среднесуточного прироста побегов до 3-5 см. Колошение селекционно-улучшенных трав наблюдается на 15-18^й день после фазы выхода в трубку, завершается через 12-14 дней наступлением цветения растений. Данная фаза длится 8-12 дней и характеризуется достижением наибольшей биомассы и резкой потерей питательного уровня корма.

По окончании цветения злаковые растения вступают в плодоношение. Фаза развития длится 13-14 дней от момента завязывания семян и до их созревания.

В целом вегетационный период селекционно-улучшенных злаковых трав в аридном регионе в зависимости от погодных условий года колеблется в пределах 112-124 дней. После созревания семян злаки вновь отрастают, вступая в фазу осеннего кущения (отавное отрастание), которая завершается с первыми заморозками, после которых растения уходят в зимний покой (таблица 1).

Итоги выращивания злаковых культур в разнотипных опытных посевах (сплошной, узкорядный 45 см и широкорядный – 70 см) свидетельствуют, что по динамике сезонного роста и накопления урожайной фитомассы среди пырейных злаков более высокие показатели у сорта удлиненный Ставропольский 10, а среди кострецовых – у сорта Вегур, и по ним из житняков лучший сорт – Новатор (таблица 2).

Таблица 1 – Фенология развития селекционно-улучшенных злаковых трав
на песках Западного Прикаспия

Table 1 – Phenology of the development of selection-improved grasses
on the sands of the Western Caspian

Фенофаза развития / Phenophases of development	Дата наступления / Date of occurrence						
	ПУС	ПУС-10	ПСС-1	ЖСН	ЖГВ	КБС-35	КБВ
Начало отрастания / The beginning of regrowth	20.03	20.03	20.03	06.03	06.03	06.03	06.03
Кущение / Tillering	25.04	25.04	25.04	10.04	10.04	10.04	10.04
Выход в трубку / Output to the tube	20.05	20.05	20.05	05.05	05.05	05.05	05.05
Колошение / Earing	10.06	10.06	10.06	23.05	23.05	23.05	23.05
Цветение / Blossom	20.06	20.06	20.06	30.05	30.05	30.05	30.05
Плодоношение / Fruiting	10.07	10.07	10.07	20.06	20.06	20.06	20.06
Созревание семян / Maturation seeds	30.07	30.07	30.07	05.07	05.07	05.07	05.07
Отмирание / побегов / Withering awayescapes	25.08	25.08	25.08	05.08	05.08	05.08	05.08
Осеннее кущение (отавное отрастание) / Autumn tillering (autoflowering)	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09

Примечание. ПУС – пырей удлиненный солончаковый; ПСС -1 – пырей средний Ставропольский -1; ПУС-10 – пырей удлиненный Ставропольский -10; ЖСН – житняк сибирский Новатор; ЖГВ – житняк гребенчатый Викрав; КБС – 31 – кострец безостый Ставропольский -31; КБВ – кострец безостый Вегур

Таблица 2 – Среднеголетняя сезонная динамика роста и урожайности
злаковых сортов травяных культур по способам посева

Table 2 – Average annual seasonal dynamics of growth and yield
of cereal varieties of grass crops by sowing methods

Сорт / Variety	Способ посева / Seeding method	Высота растений, см / Plant height, cm			Фитомасса зел., ц/га / Phytomass zel., c/ha		
		20.04	20.05	20.06	20.04	20.05	20.06
		K	T	C	K	T	C
Кострец безостый Ставропольский 35 / Kostret bezosty Stavropol 35	сплошной / solid	32	75	105	84	115	237
Кострец безостый Вегур / Boneless Stump Vegur	сплошной / solid	34	83	122	109	154	262
Житняк гребневидный Викрав / Granary comb - shaped Vikrav	сплошной / solid	28	58	81	128	204	271
Житняк сибирский Новатор / Zhitnyak Siberian Innovator	сплошной / solid	18	34	62	78	189	304
	УР- 45см / UR- 45cm	32	46	83	89	191	199
	ШР- 70см / HR- 70cm	34	48	84	92	204	234
Пырей удлиненный Ставропольский 10 / Wheatgrass elongated Stavropol 10	сплошной / solid	31	62	124	109	211	315
	УР- 45см / UR- 45cm	35	73	128	114	237	361
	ШР- 70см / HR- 70cm	38	72	132	158	243	385
Пырей удлиненный Солончаковый / Elongated Salt marsh wheatgrass	сплошной / solid	32	73	118	81	157	289
	УР- 45см / UR- 45cm	49	84	127	93	175	304
	ШР- 70см / HR- 70cm	53	88	138	104	191	328
Пырей средний Ставропольский 1 / Wheatgrass middle Stavropol 1	сплошной / solid	32	64	119	72	148	237

Примечание. К-кущение; K-tillering; Т-выход в трубку ;T-exit into the tube; С- семяношение(колошение); C- seed bearing (earring); УР - узкорядный; UR - narrow-row; ШР – широко-рядный; SHR - wide-row

В опытных посевах в отдельные засушливые годы активность роста побегов и фитомассы многолетних культур по сравнению со среднемноголетними показателями снижается на 24-32 %, но на контрольных участках природных пастбищ в это время наблюдается еще более значительный (в 1,6-1,8 раза) спад урожайной массы травостоя (таблица 3).

Таблица 3 – Фитопродуктивность злаковых трав по способам посева в годы с разной влагообеспеченностью

Table 3 – Comparative growth activity of shoots and phytomass of cereal grasses by sowing methods in years with different moisture availability

Сорт / Variety	Способ посева / Seeding method	Фитомасса, ц/га / Phytomass, c/ha			
		засушливый год (2009) / the dry year (2009)		влажный год (2011) / wet year (2011)	
		весна / spring	лето / summer	весна / spring	Лето / summer
Кострец безостый Ставропольский.35 / Kostret bezostyi Stavropol.35	сплошной / solid	30	61	41	79
Кострец безостый Вегур / Boneless Stump Vegur	сплошной / solid	32	67	43	84
	УР - 45 см / UR – 45 cm	33	69	44	87
	ШР-70 см / SHR-70 cm	34	71	46	89
Пырей удлиненный Ставропольский 10 / Wheatgrass elongated Stavropol 10	сплошной / solid	31	73	48	91
	УР-45 см / UR – 45 cm	33	76	52	93
	ШР-70 см / SHR-70 cm	35	79	56	96
Пырей удлиненный Солончаковый / Elongated Salt marsh wheatgrass	сплошной / solid	41	81	51	98
	УР-45 см / UR – 45 cm	43	83	53	97
	ШР-70 см / SHR-70 cm	45	85	56	99
Пырей средний Ставропольский 1 / Wheatgrass middle Stavropol 1	сплошной / solid	17	39	21	52
Житняк сибирский Новатор/ Zhitnyak Siberian Innovator	сплошной / solid	39	58	53	72
	УР-45 см / UR – 45 cm	52	73	64	84
	ШР-70 см / SHR-70 cm	53	76	66	92
Житняк гребенчатый Викрав / Granary combed Vikrav	сплошной / solid	42	64	53	79
	УР-45 см / UR – 45 cm	44	78	55	94
	ШР-70 см / SHR-70 cm	47	81	59	97
Природное пастбище (слабо-деградированное) / Natural pasture (slightly degraded)	естественный травостой на изолированном участке / natural herbage in an isolated area	6	9	11	17

Примечание. УР – узкорядный UR –narrow - row ; ШР –широкорядный SHR –wide-row

Этап адаптации ассортимента улучшенных злаков сопровождался разными периодами продуктивного развития. Первые 5-6 лет роста сопровождалось динамичным ростом урожайной массы трав, второй – стабилизацией показателей фитопродуктивного развития и третий заметным (на 30-60 %) их спадом в последние 4-5 лет мониторинга злаковых культур-интродуцентов (рисунок 2).

Определяющее значение в пастбищном использовании сеяных трав имеют сроки начала весеннего и осеннего их отрастания, т.е. наступления кормовой (пастбищной) спелости для начала выгула животных.

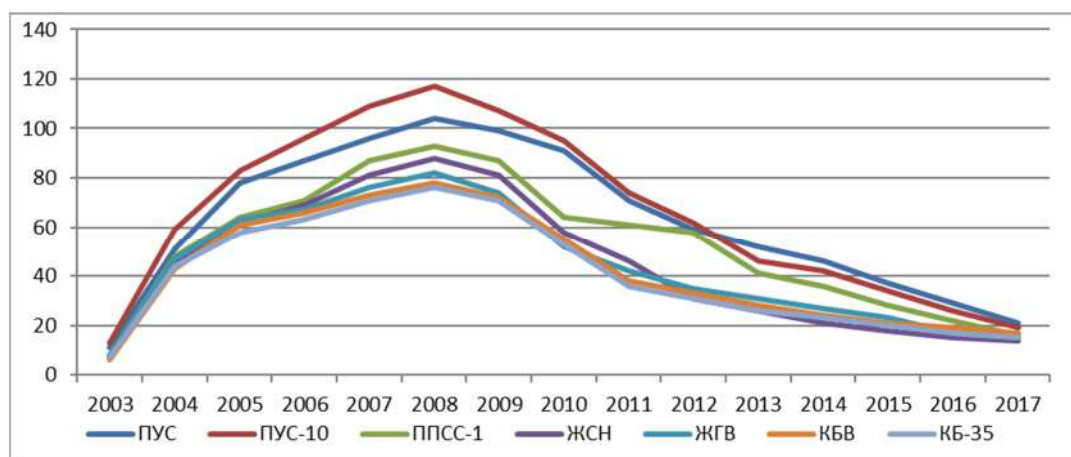


Рисунок 2 – Многолетняя динамика урожайности злаковых культур (сплошной посев)

Figure 2 – Long-term dynamics of cereal crop yields (continuous sowing)

По данным наблюдений, в опытных посевах злаковых культур, особенно кострцовых и житняковых, отавное отрастание трав наступает на 10-12 дней раньше, чем у степной растительности пастбищ, что заметно повышает эффективность использования сеяных кормовых угодий, особенно в условиях заметного осеннего фитопродуктивного упадка угодий. Но здесь обретает важность не только накопленная масса трав, но и ее питательная ценность для обеспечения животных сбалансированным подножным кормом.

Таблица 5 – Оценка питательной ценности кормовой массы осенней отавы злаковых трав ставропольской селекции по данным анализа Прикумской агрохимической станции (г. Буденновск, 2017 г.)

Table 5 – Assessment of the nutritional value of the fodder mass of the autumn harvest of cereals of Stavropol selection according to the analysis of the Prikum agrochemical station (Budenkovsk, 2017)

Вид растений / Plant species	Питательный состав кормовой массы (1 кг) / Nutritional composition of the feed mass (1 kg)						
	корм ед / food ed	обмен. энерг МЖД / exchange ener gy MZHD	перевар- протеин, г / protein digest, g	каль- ций г / calciu m g	фос- фор г / phosph orus g	каротин, м / rcaro- tene, mg	класс корма / feed class
Житняк сибирский Новатор / Zhitnyak Siberian Innovator	0.27	9.4	127.8	2.4	2.6	10.1	1
Житняк гребенчатый Викрав / Granary combed Vikrav	0.30	7.5	66.3	2.7	1.4	6	2
Кострец безостый Берур / Boneless Stump Vegur	0.30	9.3	98.3	5.5	2.2	37	1
Кострец безостый Ставро- польский 35 / Kostret bezosty Stavropol 35	0.32	9.4	98.8	3.6	2.2	37	1
Пырей удлиненный Ставро- польский 10 / Wheatgrass elongated Stavropol 10	0.31	9.1	97.7	2.8	2.5	6	1
Пырей средний Ставрополь- ский 1 / Wheatgrass middle Stavropol 1	0.34	8.8	74.5	0.4	2.2	8	2
Пырей удлиненный Солонча- ковый / Elongated Salt marsh wheatgrass	0.37	8.8	45.8	3.0	2.1	12	3

Анализ осенней отавной фитомассы исследуемых злаковых культур показал высокую ее питательность, по уровню обменной энергии, перевариваемого протеина, минералов и витаминов. Лучшими по классу корма оказались образцы трав житняка сибирского (сорт Новатор), костреца безостого (сорта Вегур и Ставропольский 35) и пырея удлиненного (сорт Ставропольский 10) (таблица 5).

Выводы. Экстенсивная форма пастбищного животноводства в аридных регионах юга России – первопричина негативных процессов дигрессии кормовых фитоценозов обширных полупустынных природных экосистем. Результаты исследовательской работы обосновывают высокий биоэкологический и биопродуктивный потенциал использования хозяйственно-ценного ассортимента злаковых пастбищных культур ставропольской селекции в биологической реставрации опустыненных кормовых угодий региона в ходе многолетней комплексной оценки их биопродуктивной адаптации на песчаных землях Западного Прикаспия.

Библиографический список

1. Гасанов Г. У., Бутаева З. З. Природные кормовые угодья, их состояние и меры по улучшению // Система ведения агропромышленного производства в Дагестане. Махачкала. 2017. С. 201-223.
2. Кравцов В. В. Итоги и перспективы селекционной работы лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав // Ставропольский НИИ сельского хозяйства – 100 лет на службе аграрной науке и производству. Ставрополь: «Сияние», 2011. С. 151-161.
3. Кравцов В. В. Результаты и перспективы селекционной работы с многолетними травами в Ставропольском селекцентре // Селекция кормовых культур. Ставрополь, 2001. С. 13-16.
4. Методические рекомендации по оценке адаптивного потенциала природных кормовых растений / З. Ш. Шамсудинов, В. М. Косолапов, Э. З. Шамсудинова [и др.]. М., 2018.
5. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, С. В. Пилипко [и др.]. М., 2012. 51 с.
6. Рыбашлыкова Л. П., Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф. Состояние и динамика продуктивности лесопастбищных угодий на песках Восточного Предкавказья // Известия Нижневолжского АУК. 2019. № 2 (54). С. 161-168.
7. Рыбашлыкова Л. П., Сивцева С. Н. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья // Вестник Марийского государственного университета. 2018. Т. 4. № 1. С. 35-40.
8. Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Вдовенко А. В. Обогащение деградированных Кизлярских пастбищ растениями-интродуцентами // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы экологии в РФ. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2016. С. 589-594.
9. Сивцева С. Н., Рыбашлыкова Л. П. Виды и сорта трав для реставрации равнинных пастбищ Восточного Предкавказья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 112-118.
10. Сурхаев Г. А., Сивцева С. Н., Вдовенко А. В. Мониторинговая оценка состояния Кизлярских пастбищ и эффективные методы их мелиорации // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 4 (20). С. 258-261.
11. Сурхаев Г. А., Сивцева С. Н. Свиной пальчатый – перспективный злак в фитомелиорации Кизлярских пастбищ // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. №4. С. 40-44.
12. Сурхаев Г. А., Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф. Адаптация и перспективы использования злаковых трав ставропольской селекции для фитомелиорации пастбищных угодий Западного Прикаспия: практическое руководство. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2019. 28 с.
13. Шамсудинов З. Ш., Орловский Н. С., Шамсудинов Н. З. Научно-методические принципы борьбы с опустыниванием в аридных областях России // Охрана био-ноосферы. Нетрадиционное растениеводство, селекция и биоземледелие. М., 2017. С. 236-252.
14. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid ecosystems. 2019. V. 9. No 1. P. 51-58.
15. Vlasenko M. V., Tyutyuma N. A. Productivity of pastoral ecosystems on the sand lands of the south of the European part of Russia // Earth and Environmental Science International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects". 2020. P. 112-119.

Информация об авторах

Сурхаев Гасан Абдулкадирович, ведущий научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ Ставропольский край, Нефтекумский р-н, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, д. 10), кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-659-1918> mail: gasan2255@mail.ru

Сивцева Светлана Николаевна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Ставропольский край, Нефтекумский р-н, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, д. 10.

Маховикова Татьяна Федоровна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Ставропольский край, Нефтекумский р-н, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, д. 10.

Сурхаева Гульнара Магомедовна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Ставропольский край, Нефтекумский р-н, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, д. 10.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-25

CHANGES IN LIPASE ACTIVITY DURING GERMINATION OF OIL SEEDS

A. K. Timurbekova¹, A. A. Moldakarimov²
N. Zh. Muslimov², A. A. Ospanov¹, A. B. Dalabaev²

¹*Non-profit joint stock company «Kazakh National Agrarian Research University»,
Kazakhstan, Almaty*

²*Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»,
Kazakhstan, Astana*

Received 17.06.2022

Submitted 31.08.2022

The studies were carried out as part of the scientific task "Development of technology for the production of functional beverages based on sprouted grain" under the scientific and technical program BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products per unit of raw materials, as well as reducing the share of waste in production of products".

Summary

The article shows, by the example of seed material of oilseed crops, the possibility of growing in various conditions and the formation of qualitative indicators of fat number at the same time. It is revealed that the use of oilseeds allows to increase the nutritional and technological properties of vegetable oils. The use of the obtained technology allows to expand the possibility of using alternative oilseeds.

Abstract

Introduction. Oilseeds are a valuable source of vegetable fats, which are used to enrich the daily diet. However, the raw potential of oilseeds is not fully used. Everyone knows the benefits of sprouted oilseeds, and the processing of sprouted oilseeds into beverages is a new direction in the formation of a functional nutrition policy. However, the process of germination of oilseeds is accompanied by enzymatic hydrolysis of lipids under the action of lipase, which catalyzes the hydrolytic cleavage of triacylglycerols to glycerol and fatty acids. **Object.** In this regard, the enzymatic process was studied - the activity of lipase in sprouted seeds of oilseeds (rapeseed, sunflower, flax, safflower). The aim of the study was to determine the lipase activity of oilseeds, analyze the effect and identify the dependence of lipase on the fatty acid composition at different exposure times. **Materials and methods.** The primary analysis was carried out on the basis of the 2021 harvest of rapeseed of the Gulsary variety. Sunflower was used of the Rauan variety, flax of the Kostanaysky variety. Safflower of the Nika 80 variety was also diligently used. Lipase was determined by the standard titrimetry method. Two buffer solutions were used. The source of preparation of buffer solutions was the seeds of the studied crops. **Results and conclusion.** As a result of the scientific work carried out, the fermentation process of lipase oil during germination was studied. At the same time, the periods of germination actively affect the qualitative indicator - the amount of fat. The amount of acid indicates the amount of free fatty acids, which leads to oxidation of the final product and oxidative damage. An increase in the acid number leads to a reduction in the shelf life of the finished product. The increased content of free fatty acids is explained by the fact that during the germination of grain, a lipase enzyme is activated, which destroys oil molecules in oil cultures in free fatty cultures. It is shown that with an increase in the duration of germination of grain, lipase activity increases in general, which increases the acidic amount of fat.

Key words: *enzymes; lipolytic activity; lipase; functional drinks; acid number of fat; sprouted seeds; oil seeds; safflower; sunflower; flax; rapeseed; germination time.*

Citation. Timurbekova A. K., Moldakarimov A.A., Muslimov N. Zh., Ospanov A. A., Dalabaev A. B. Changes in lipase activity during germinating of oil seeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 210-218 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-25.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 664.64(075)

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЛИПАЗЫ ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

А. К. Тимурбекова¹, кандидат технических наук, профессор кафедры

А. А. Молдакаримов², магистр, инженер

Н. Ж. Мүслимов², доктор технических наук, член-корреспондент АСХН

А. А. Оспанов¹, академик КазНАЕН, доктор технических наук, профессор кафедры

А. Б. Далабаев², магистр техники и технологии

¹ НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
г. Алматы, Республика Казахстан

² ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей
и пищевой промышленности», г. Астана, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 17.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Исследования проведены в рамках научного задания «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна» по научно-технической программе BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции»

Актуальность. Масличные культуры являются ценным источником растительных жиров, которые применяются для ежедневного обогащения рациона питания. Однако сырьевой потенциал масличных культур используется не полностью. Всем известна польза пророщенных семян масличных культур, а переработка пророщенных семян масличных культур в напитки является новым направлением в формировании политики функционального питания. Однако процесс проращивания масличных культур сопровождается ферментативным гидролизом липидов под действием липазы, катализирующей гидролитическое расщепление триацилглицеринов до глицерина и жирных кислот. **Объект.** В связи с выявленной актуальностью изучали ферментативный процесс – активность липазы в пророщенных семенах масличных культур (рапс, подсолнечник, лен, сафлор). Целью исследования являлось определение активности липазы масличных семян, анализ влияния липазы на жирнокислотный состав при различных временах экспозиции. **Материалы и методы.** Первичный анализ проводился на базе урожая 2021 года рапса сорта «Гульсары», подсолнечника сорта «Рауан», льна масличного сорта «Костанайский» и сафлора сорта «Ника 80». Липаза определялась стандартным методом титриметрии. Использовались два буферных раствора. Источником приготовления буферных растворов являлись семена исследуемых культур. **Результаты и выводы.** В результате проделанной научной работы изучен процесс ферментации семян масличных культур липазой при проращивании. При этом сроки проращивания активно влияют на качественный показатель – кислотное число жира. Кислотное число показывает количество свободных жирных кислот. Повышение кислотного числа приводит к сокращению срока хранения готового продукта. Повышенное содержание свободных жирных кислот объясняется тем, что во время проращивания зерна активизируется фермент липаза, которая расщепляет молекулы масел в масличных культурах в свободные жирные кислоты. Чем дольше продолжительность проращивания зерна, тем выше становится активность липазы, что повышает кислотное число жира.

Ключевые слова: пророщенные семена масличных, масличные культуры, сафлор, подсолнечник, лен, рапс, сроки прорастания семян масличных.

Цитирование. Тимурбекова А. К., Молдакаримов А. А., Муслимов Н. Ж., Оспанов А. А., Далабаев А. Б. Изменение активности липазы при проращивании семян масличных культур. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 210-218. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-25.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Наиболее перспективное направление в решении проблемы ликвидации дефицита макро- и микроэлементов – обогащение натуральными биологически активными веществами продуктов питания ежедневного массового потребления, что позволит проводить коррекцию рациона широких слоев населения [4, 6, 8, 17]. Общеизвестно, что калорийные продукты или напитки позволяют максимально эффективно восполнить дефицит и поддерживать необходимый баланс биологически активных веществ в организме [12]. Именно такие напитки с мультивитаминными комплексами, которые отличаются от традиционных, обладают повышенной пищевой и биологической ценностью, обогащены натуральными нутриентами (биологическим активными веществами, микро- и макроэлементами, витаминами, аминокислотами и т.д.) [9, 13].

В этой связи разработка технологии обогащения продуктов питания микроэлементами для придания лечебно-профилактического принципа действия на основе пророщенного зерна является актуальным и своевременным направлением в области здорового и рационального питания [2, 10, 14]. Именно такие зернопродукты будут отвечать современным требованиям к пищевым продуктам, составленным по научно обоснованному рецепту и обогащенными компонентами [1, 11, 16]. Однако перед разработкой технологии необходимо изучить биохимические процессы, протекающие в семенах масличных культур при проращивании, изучить качественные показатели, которые влияют на снижение потребительских свойств, на что и направлена данная работа.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования определили семена масличных культур урожая 2021 года: яровой рапс сорт «Гульсары»; подсолнечник сорт «Рауан»; лен масличный сорт «Костанайский»; сафлор сорт «Ника 80». Представленные сорта являются последними селекционными достижениями ведущих коллективов научно-производственных центров в области растениеводства.

Согласно литературным источникам, имеется множество способов определения липолитической активности с использованием различных физических и физико-химических методов с применением различных субстратов [3, 18].

Определение активности липазы проводили общепринятым титриметрическим методом по Ермакову А.И. на двух видах буферных растворов (щелочной фосфатный буфер с pH-8,0 и кислотный ацетатный буфер с pH-4.7) [5].

Пробы очищенных ядер семян масличных культур массой $2,0 \pm 0,01$ г растирали в ступке и добавляли по 1 мл растительного масла. После чего перемешивали и добавляли 5 мл щелочной фосфатный буфер с pH-8,0, тщательно перемешивали, помещали в лабораторную коническую колбу емкостью 250 мл, при этом смывали следы измельченной массы со ступки и пестика 5 мл дистиллированной воды. Добавляли 2 капли толуола, закрывали пробкой и ставили в шейкер-инкубатор на 2 часа при температуре 30 °C. Затем в опытные пробы добавляли 50 мл спирто-эфирной смеси, давали отстояться и титровали 0,2М спиртовым раствором КОН в присутствии фенолфталеина.

Контрольные пробы, учитывающие фоновое содержание жирных кислот в семенах подсолнечника, готовили как и опытные, но титровали сразу без инкубирования в термостате.

Обработка результатов исследования. Результаты исследований регистрировали в лабораторном журнале. После рассчитывали ферментативную активность липазы вычисляли по формуле:

$$A = \frac{(a - b) \cdot k \cdot 10}{n}$$

где A – активность липазы, см³ 0,1 М раствора КОН на 10 г семян за 2 часа; a – количество 0,2 М раствора КОН, израсходованное на титрование опытной пробы, см³; b – количество 0,2 М раствора КОН, израсходованное на титрование исходной пробы, см³; k – поправочный коэффициент к 0,1 М раствору КОН (k-2); n – масса навески семян, г; 10 – пересчет активности липазы на 10 г семян.

Результаты и обсуждение. Ферментативная активность липазы имеет большое значение при проращивании семян масличных культур [7]. При увеличении влажности и сроков проращивания семян масличных культур липаза активно расщепляет растительные жиры в свободные жирные кислоты, что приводит к повышению кислотности и снижению качества продуктов [15]. На основании экспериментальных данных строили график зависимости ферментативной активности липазы A (мЕ/г) от продолжительности проращивания t (сут) зерна масличных культур. Представленная диаграмма (рисунок 1) характеризует активность ферментации жирокислотного состава масличных культур липазами.

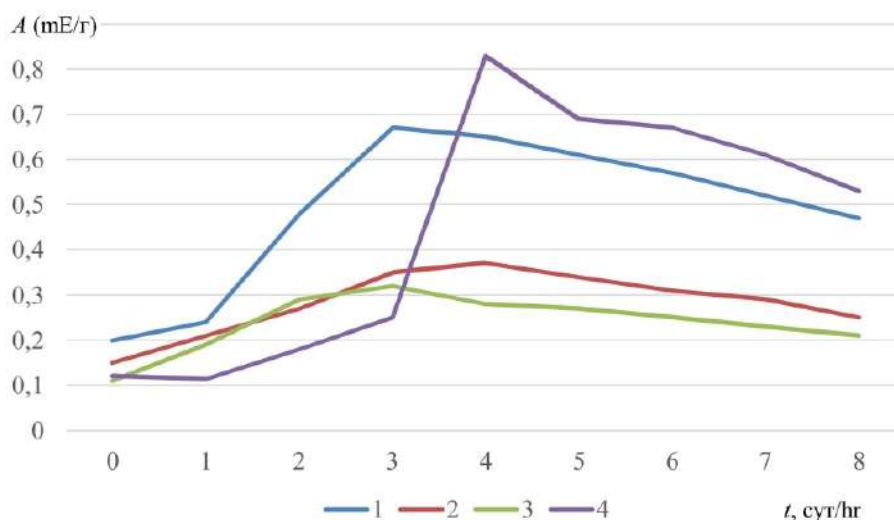


Рисунок 1 – Активность липазы при проращивании семян масличных культур:

1 – рапс; 2 – подсолнечник; 3 – лен; 4 – сафлор

Figure 1 - Lipase activity during germination of oilseeds:

1 – rapeseed; 2 – sunflower; 3 – flax; 4 – safflower

Представленная диаграмма свидетельствует о том, что увеличение сроков проращивания зерна масличных культур в результате активного гидролиза липидных связей жирового состава, приводит к ускорению процесса ферментации – активности липазы, ускоренно расщепляет триацилглицерины до глицерина и жирных кислот.

Анализ представленной кривой показал, что в результате гидролиза жирового состава семян масличных культур активность липазы незначительно увеличивается уже в первые сутки. Заметные изменения наблюдали у семян льна масличного, значения активности липазы которого резко возросли с 0,15 до 0,21 мЕ/г. Также активность липазы в первые дни наблюдений менялась у проращиваемых семян сафлора, изменения состава

вили с 0,11 мЕ/г у исходных семян до проращивания до 0,19 мЕ/г у семян, проращиваемых в течение суток. На вторые сутки наблюдали резкий рост значений А у семян подсолнечника активность липазы составила 0,48 мЕ/г и достигла максимальных значений за весь период наблюдений. Незначительный прирост липазы установили у семян льна до 0,27 мЕ/г, рапса – 0,18 мЕ/г и 0,29 мЕ/г у проращиваемых семян сафлора, что также соответствовало максимальным значениям. На третьи сутки наблюдали аналогичную картину, значительный рост липазы у семян подсолнечника и замедленный рост содержания липазы у семян льна и рапса. Четвертые сутки наблюдений за проращиваемыми семенами масличных культур показали взрывной рост активности липазы у семян рапса, резко увеличились значения – до 0,83 мЕ/г, что соответствовало максимальным значениям активности липазы за весь период наблюдений. Начиная с пятых суток наблюдений установили постепенное затухание активности липазы в проращиваемых семенах масличных культур, что характеризовалось снижением значений А.

Далее изучали динамику ферментативного процесса, характеризующуюся изменениями качества объектов исследования в зависимости от сроков проращивания. На основании результатов химического анализа строили диаграммы, описывающие изменение кислотного числа жира от сроков прорастания. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 31700-2012.

На рисунке 2 представлена диаграмма изменения жирнокислотного состава пророщенных семян рапса сорта «Гульсары».

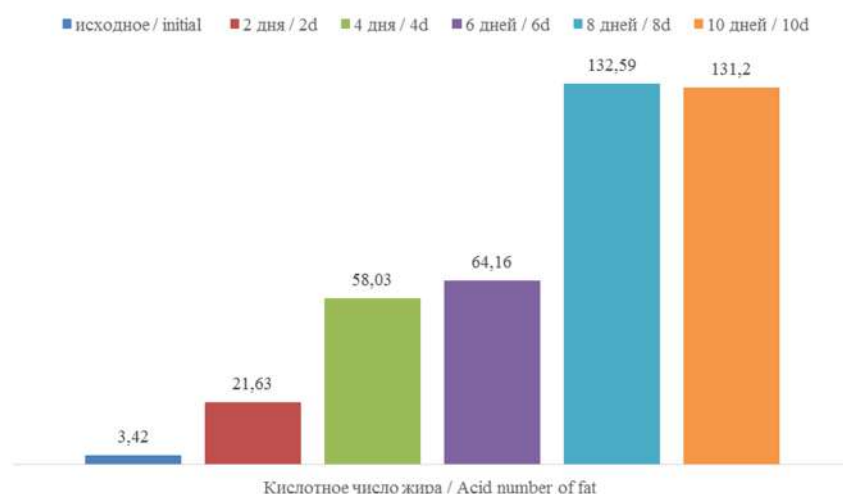


Рисунок 2 – Кислотное число жира пророщенных семян ярового рапса сорта «Гульсары»

Figure 2 – Acid number of fat of germinated seeds of spring rapeseed of the «Gulsary» variety

Анализ представленных данных показал, что увеличение сроков проращивания семян ярового рапса значительно влияет на изменение кислотного числа жира, что подтверждает активное протекание ферментативного процесса за счет расщепления молекул растительного масла липазой в свободные жирные кислоты. Так, например, при проращивании в течение одних суток кислотное число жира составило 3,42 мг·КОН/г, дальнейшее увеличение сроков проращивания увеличивает показатель в 6,23 раза. На четвертые и шестые сутки наблюдаем замедление процесса ферментации за счет накопления активности липазы. Восьмой день проращивания характеризуется взрывным ростом показателя кислотного числа жира – до 132,59 мг·КОН/г. На десятые сутки при бурном росте ростков рапса наблюдали снижение значений кислотного числа жира до 131,2 мг·КОН/г. Дальнейшее окисление семян рапса приводит к появлению дефектов вкуса и запаха, что характеризует непригодность использования пророщенных семян на пищевые цели.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения кислотного числа жира семян подсолнечника сорта «Рауан» в зависимости от сроков проращивания.

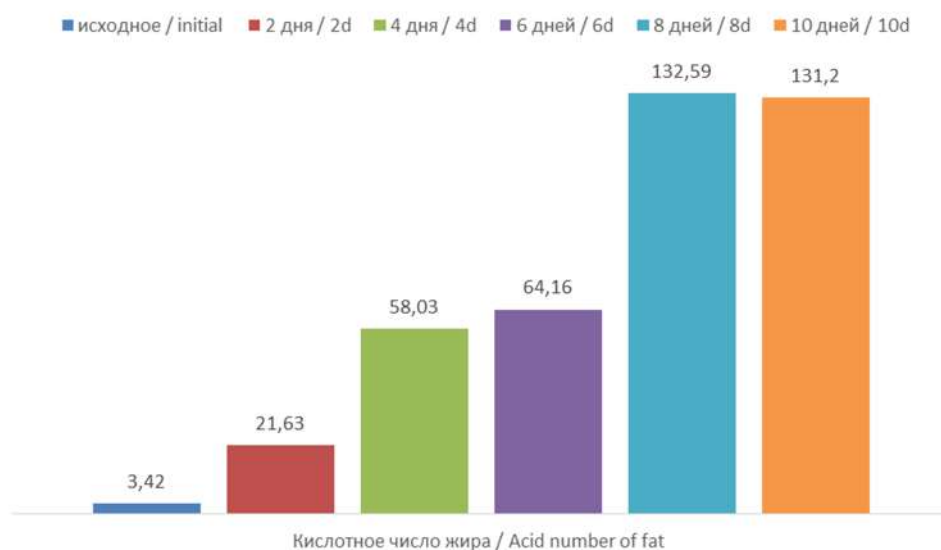


Рисунок 3 – Кислотное число жира пророщенных семян подсолнечника сорта «Рауан»

Figure 3 – Acid number of fat of sprouted sunflower seeds of the «Rauan» variety

Анализ представленного графика показал аналогичную ситуацию с окислением свободных жирных кислот семян подсолнечника сорта «Рауан». Увеличение сроков проращивания приводит к увеличению значений кислотного числа жира с 2,19 мг·КОН/г на первые сутки проращивания до 139,74 мг·КОН/г на восьмые сутки. Увеличение сроков проращивания до 10 суток приводит к замедленному снижению значений кислотного числа жира до 136,3 мг·КОН/г. При этом резкий скачок значений приходится на промежуток между шестым и восьмым днем проращивания семян подсолнечника сорта «Рауан», где прирост значений составил 1,76 раз.

На рисунке 4 представлена диаграмма изменения значений кислотного числа жира при проращивании семян льна масличного сорта «Костанайский». Представленная диаграмма также свидетельствует о том, что с увеличением сроков проращивания семян льна масличного наблюдается увеличение значений кислотного числа жира. При этом в первые четверо суток наблюдаем замедленное увеличение значений кислотного числа жира с 4,51 мг·КОН/г в первый день проращивания до 9,79 мг·КОН/г на четвертый день проращивания. На шестой день наблюдений происходит резкий рост значений кислотного числа жира до 114,74 мг·КОН/г, что свидетельствует об активном расщеплении молекул льняного масла на жирные кислоты. Восьмой день проращивания незначительно увеличил значения кислотного числа жира до 147,4 мг·КОН/г, после чего наблюдали снижение экспериментальных значений кислотного числа жира.

На рисунке 5 представлена диаграмма изменения значений кислотного числа жира в зависимости от сроков проращивания семян сафлора сорта «Ника 80».

Анализ представленной диаграммы показал, что аналогично предыдущим экспериментам при увеличении сроков проращивания семян сафлора сорта «Ника 80» наблюдается увеличение значений кислотного числа жира. При этом динамика изменения экспериментальных значений кислотного числа жира имеет равномерный динамический характер без явных резких перепадов. При этом минимальные значения кислотного числа жира приходятся на первый день проращивания – 9,19 мг·КОН/г. Максимальные значения, которые составили 49,81 мг·КОН/г, приходятся на восьмой день проращивания. В результате

проделанного эксперимента можно с уверенностью говорить о том, что молекулы масла семян сафлора более стойки к окислению, что придает им высокие технологические свойства и ценность при разработке оксистабильных композиций растительных масел.

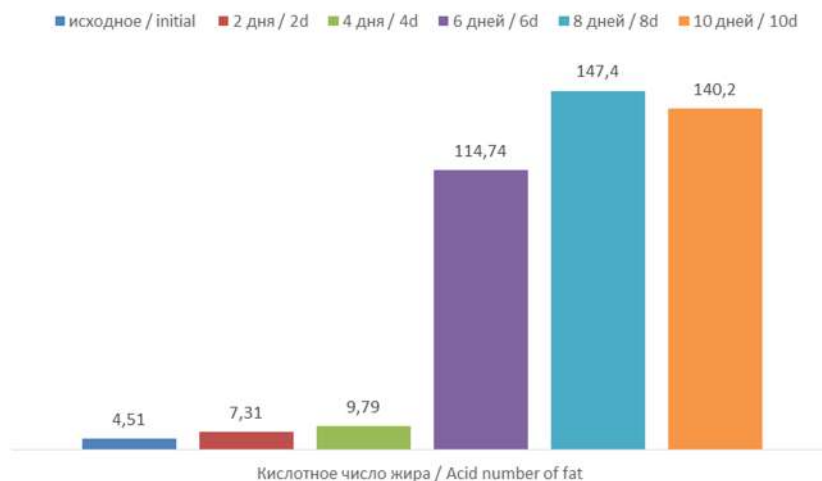


Рисунок 4 – Кислотное число жира пророщенных семян льна масличного сорта «Костанайский»

Figure 4 – Acid number of fat of germinated flax seeds of the oilseed variety «Kostanay»

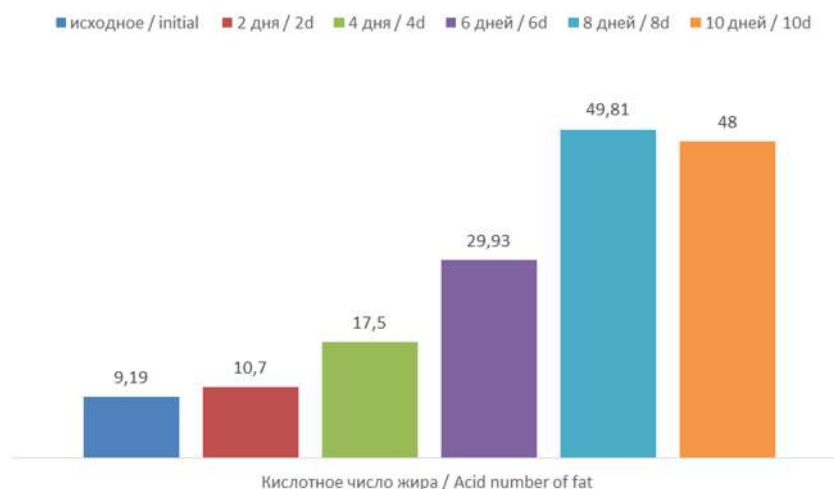


Рисунок 5 – Кислотное число жира пророщенных семян сафлора сорта «Ника 80»

Figure 5 – Acid number of fat of sprouted safflower seeds of the «Nika 80» variety

Выводы. В результате проделанной научной работы изучен процесс ферментации семян масличных культур липазой при проращивании. При этом сроки проращивания активно влияют на качественный показатель - кислотное число жира. Кислотное число показывает количество свободных жирных кислот. Повышение кислотного числа приводит к сокращению срока хранения готового продукта.

Повышенное содержание свободных жирных кислот объясняется тем, что во время проращивания зерна активизируется фермент липаза, которая расщепляет молекулы масел в масличных культурах в свободные жирные кислоты. Чем дольше продолжительность проращивания зерна, тем выше становится активность липазы, что повышает кислотное число жира.

Библиографический список

1. Витол И. С., Панкратов Г. Н., Мелешкина Е. П. Углеводно-амилазный и липидный комплексы муки из двухкомпонентной зерновой смеси и семян льна // Технология и товарование инновационных пищевых продуктов. 2020. № 1(60). С. 57-61.
2. Демченко Ю. А., Цикуниб А. Д. Особенности влияния сорбатов на активность панкреатической липазы // Наука: комплексные проблемы. 2021. № S2 (18). С. 9-10.
3. Дроздова Н. И., Гатальская М. Н. Влияние предпосевной обработки препаратом "Виал-ТТ" на активность липазы в проростках озимого рапса // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2019. № 6 (117). С. 35-40.
4. Дьяченко Ю. А., Цикуниб А. Д. Активность липазы как показатель высокого качества и экологической чистоты семян подсолнечника // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 1 (44). С. 118-123.
5. Дьяченко Ю. А., Цикуниб А. Д. Особенности влияния различных сочетаний токсичных элементов на активность липазы семян подсолнечника // Материалы конференций ГНИИ "НАЦРАЗВИТИЕ". Санкт-Петербург: ГНИИ "НАЦРАЗВИТИЕ", 2016. С. 89-92.
6. Ингибирование липолитической активности в модельных пищевых системах / М. А. Лаврухин, О. С. Руденко, Н. Б. Кондратьев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 2. С. 75-85.
7. Коломейченко В. В. Полевые и огородные культуры России. Зернобобовые и масличные: монография. 2-е изд., испр. СПб.: ЛАНЬ, 2021. 19 с.
8. Липазная активность штаммов MYCOBACTERIUM IRANICUM и MYCOBACTERIUM RUTILUM / О. А. Гоголева, Н. В. Немцева, Н. А. Валышева, А. В. Валышев // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2016. № 4. С. 4.
9. Савина А. А., Гарнашевич Л. С., Зайцев И. С. Изменение активности липаз в присутствии синтетических и природных полимеров // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2019. Т. 60. № 6. С. 405-410.
10. Смирнов В. П., Костин В. И., Федорова И. Л. Эффективность применения регуляторов роста при формировании урожайности подсолнечника // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1(49). С. 45-50.
11. Ферментативная активность липазы и ее влияние на урожайность и масличность подсолнечника под действием регуляторов роста / В. П. Смирнов, В. И. Костин, Ю. М. Исаев [и др.] // Сахарная свекла. 2020. № 10. С. 32-34.
12. Ширяева О. Ю., Шистерова А. С. Определение активности липаз в растительном сырье // Инновационные процессы в области естественнонаучного и социально-гуманитарного образования: IV международная научно-практическая конференция. Оренбург: Экспресс-печать, 2019. С. 422-426.
13. Akimov S. S., Grechkina V. V., Lebedev S. V. Building a model for predicting digestive enzymes activity depending on lipid composition of diet // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624.
14. Enzymatic preparation of phytosterol esters with fatty acids from high-oleic sunflower seed oil using response surface methodology / X. Wang, B. Xiao, G. Yang [et al.] // RSC Advances. 2021. Vol. 11. № 25. P. 15204-15212.
15. Ly M. Simultaneous recovery of high quality black sesame oil and defatted meal by a new aqueous method: Optimization and comparison with other methods // Journal of Oleo Science. 2021. Vol. 70. № 9. P. 1211-1223.
16. Process parameter studies by central composite design of response surface methodology for lipase activity of newly obtained Actinomycete / G. B. Patel, K. R. Shah, T. Shindhal [et al.] // Environmental Technology and Innovation. 2021. Vol. 23.
17. Tavares F., Sackser P. R., Borba C. E., Silva E. A. Rapid enzymatic hydrolysis of crambe oil catalyzed by castor seeds lipases // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 171.
18. The oil palm / A. Mondragón-Serna, M. A. Baena-Santa, A. González-Díaz [et al.] cited By 1. 2021. 105-145 p.

Информация об авторах

Тимурбекова Айгуль Кулахметовна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» (050010, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Проспект Абая 8), e-mail: timurbekova_aigul@mail.ru

Молдакаримов Алмаз Абилхаирович, магистр, инженер Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Ph.D.-докторант кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств» АО «Алматинский технологический университет» (010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Аль-Фараби 47), e-mail: mister_almaz89@mail.ru

Муслимов Нуржан Жумартович, доктор технических наук, член-корр. АСХН РК, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», (010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Аль-Фараби 47), e-mail: n.muslimov@inbox.ru

Оспанов Абдыманап Абубакирович, академик КазНАЕН, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» (050010, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Абая 8), e-mail: ospanov_abdymanap@mail.ru

Далабаев Асхат Болатулы, магистр техники и технологии, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Аль-Фараби 47), mail: dala-baev_askhat@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-26

ASSESSMENT OF SPATIAL STRUCTURE OF TREE AND SHRUB PLANTATIONS OF THE CITY OF VOLGOGRAD ACCORDING TO MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGES

A.Sh. Khuzhakhmetova¹, V.P. Voronina², S.E. Lazarev¹

¹ *Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd*

² *Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 10.07.2022

Submitted 18.08.2022

The research was carried out on the topic of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: "Formation of multifunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and landscaped landscape spaces of recreational type in low-forest regions of Russia" (Registration number: 121041200195-4) financing The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. Studies of the spatial structure of tree plantations in the city of Volgograd are fragmentary. Most scientific papers are devoted to the study of the state of the dendroflora of urbanized territories and the influence of environmental factors of the habitat on it. Remote sensing methods are one of the main tools for studying the spatial distribution of green spaces with the participation of plants of various ecological groups. In this regard, the purpose of this work was to assess the spatial structure of tree plantations in the city of Volgograd according to multispectral satellite images. **Object.** The object of the study was tree plantations of eight administrative districts of the city: Traktorzavodsky, Krasnooktyabrsky, Dzerzhinsky, Voroshilovsky, Sovetsky, Kirovsky, Krasnoarmeysky, Central district. **Materials and methods.** The study and evaluation of the spatial structure were carried out using the results of the calculation of the normalized relative vegetation index. **Results and conclusions.** As a result of the conducted research, a method for calculating the area of tree plantations based on multispectral satellite images has been developed. Optimal combinations of phenological phases of woody and herbaceous vegetation development for their spatial differentiation in the dry-steppe conditions of the Volgograd region have been determined. The database of space satellites for 2017-2022 is analyzed. and a snapshot with

the maximum difference in the values of the normalized relative index for territories covered with woody and herbaceous vegetation was revealed - santinel 2 dated May 14, 2021, and a threshold value of NDVI greater than 0.45 for mapping tree stands was calculated. The level of representation of tree plantations within the boundaries of administrative districts and the city of Volgograd as a whole is determined. It is revealed that the distribution of woody plants on the territory of the city is uneven. In the spatial structure, it is possible to distinguish a conditional latitude and longitude zone, which is associated with a number of ecological, geographical and anthropogenic factors. Based on the data obtained, a scheme of the dendrological framework of Volgograd has been developed and territories promising for the creation of landscaping facilities with the participation of various types of woody plants have been identified.

Keywords: *normalized relative vegetation index, dendroflora, tree and shrub plantations, urban forest cover, mapping*

Citation. Khuzhakhmetova A.Sh., Voronina V.P., Lazarev S.E. Evaluation of the spatial structure of tree plantations of the city of Volgograd according to multispectral satellite images. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 218-232 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-26.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 712.4:625.77

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА ПО ДАННЫМ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

А. Ш. Хужахметова¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

В. П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. Е. Лазарев¹, старший научный сотрудник

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.07.2022

Дата принятия к печати 18.08.2022

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России» (Регистрационный номер: 121041200195-4) финансирование Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Исследования пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда носят фрагментарный характер. Большинство научных работ посвящено изучению состояния дендрофлоры урбанизированных территорий и влияния на нее экологических факторов среды обитания. Одним из главных инструментов изучения пространственного распределения зеленых насаждений с участием растений различных экологических групп являются методы дистанционного зондирования. В связи с этим целью данной работы стала оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков. **Объект и методы.** Объектом исследования служили древесно-кустарниковые насаждения восьми административных районов города: Тракторозаводского, Краснооктябрьского, Центрального, Дзержинского, Ворошиловского, Советского, Кировского, Красноармейского. Изучение и оценка пространственной структуры проводились с использованием результатов расчета нормализованного относительного индекса растительности (NDVI). **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований отработана методика расчета пло-

щади древесно-кустарниковых насаждений по данным мультиспектральных космических снимков. Определены оптимальные сочетания фенологических фаз развития древесно-кустарниковой и травянистой растительности для их пространственной дифференциации в сухостепных условиях Волгоградской области. Проанализирована база космоснимков за 2017-2022 гг. и выявлен снимок с максимальной разницей значений нормализованного относительного индекса для территорий, покрытых древесно-кустарниковой и травянистой растительностью - sentinel 2 от 14 мая 2021 г., а также рассчитано пороговое значение NDVI больше 0,45 для картографирования древесно-кустарниковых насаждений. Определен уровень представленности древесно-кустарниковых насаждений в границах административных районов и города Волгограда в целом. Выявлено, что распределение древесно-кустарниковых растений на территории города носит неравномерный характер. В пространственной структуре можно выделить условную широтную и долготную поясность, которая связана с рядом эколого-географических и антропогенных факторов. На основе полученных данных разработана схема дендрологического каркаса г. Волгограда и определены территории, перспективные для создания объектов озеленения с участием различных видов древесно-кустарниковых растений.

Ключевые слова: *нормализованный относительный индекс растительности, дендрофлора, древесно-кустарниковые насаждения, лесистость городских территорий, картографирование.*

Цитирование. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 218-232. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-26.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Древесно-кустарниковые насаждения являются важным структурным элементом городских зеленых насаждений [13]. Особое значение для формирования комфортной городской среды они имеют в регионах с жестким аридным климатом. Деревья наиболее эффективно очищают и увлажняют воздух, снижают силу ветра, уровень шума, улучшают радиационный и температурный режимы, формируют благоприятные микроклиматические условия.

Волгоград является одним из самых жарких городов России. Для него характерны сухое жаркое продолжительное лето и теплая осень, короткая сухая весна и холодная зима [15]. По данным СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», он занимает пятое место по среднелетней температуре среди региональных центров Российской Федерации после Астрахани, Махачкалы, Элисты и Грозного.

Город расположен на границе Волго-Донского сухостепного, Волго-Уральского и Ергенинско-Сарпинского полупустынных агролесомелиоративных районов. Неблагоприятные климатические условия являются главным лимитирующим фактором, определяющим возможность выращивания древесно-кустарниковых растений [2, 4].

Древесно-кустарниковые насаждения на территории города расположены неравномерно. Кроме зональных, сухостепных и полупустынных ландшафтов, городская черта включает интразональные байрачные и пойменные сообщества. Естественные лесные насаждения приурочены к долинам малых рек, берегам водохранилищ и пойменной территории р. Волга. На участках с сухостепными и полупустынными условиями встречаются только искусственные посадки.

Исследования пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда носят фрагментарный характер. Большинство научных работ посвящено изучению состояния дендрофлоры и влиянию на нее экологических условий

[6-8, 16]. Отдельно необходимо отметить ряд работ, посвященных картографированию ландшафтов г. Волгограда и зеленых насаждений, в частности по данным мультиспектральных космических снимков с использованием нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) [5, 9, 12]. Картографирование древесно-кустарниковых насаждений проводилось ранее только для агролесоландшафтов пригородной зоны г. Волгограда [3, 10] или для отдельных объектов озеленения.

В связи с этим целью данной работы стала оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков.

В задачи исследования входило:

- отработать методику расчета площади древесно-кустарниковых насаждений на урбанизированных территориях сухостепной и полупустынной зоны Волгоградской области по данным мультиспектральных космических снимков;
- определить уровень представленности древесно-кустарниковых насаждений в границах административных районов и города Волгограда в целом;
- выявить общие закономерности распределения древесно-кустарниковых насаждений и определить территории с оптимальными лесорастительными условиями, перспективными для формирования и развития городского дендрологического каркаса.

Материалы и методы. Город Волгоград является областным центром Волгоградской области. Его площадь составляет 859 км². Население, по состоянию на 2021 год – 1 004 763 человек. С восточной стороны Волгограда протекает река Волга, с запада от города проходят государственные лесные полосы: Камышин – Волгоград и Волгоград – Элиста – Черкесск, созданные 1940-1950 годах для борьбы с суховеями и песчаными бурями. Территорию города пересекают пять малых рек: Мокрая Мечетка, Царица, Отрада, Ельшанка, Сухая Мечетка и многочисленные балки.

Пространственными объектами для проведения исследования стали территории восьми административных районов города: Тракторозаводский, Краснооктябрьский, Центральный, Дзержинский, Ворошиловский, Советский, Кировский, Красноармейский. Основная часть городских территорий находится на правом крутом берегу р. Волга. Исключение составляет Кировский район, территория которого включает остров Сарпинский – самый большой речной остров Волги, расположенный в Волго-Ахтубинской пойме, а также Советский район, территория которого протянулась на запад до Береславского водохранилища, относящегося к водосборному бассейну р. Дон (рисунок 1).

Для выявления, картографирования и оценки пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда использовались результаты расчета нормализованного относительного индекса растительности (normalized difference vegetation index, NDVI), который широко используется для количественной оценки растительного покрова в научной и производственной деятельности.

NDVI отражает активность вегетации растений. Положительные его значения характерны для территорий с растительным покровом. Увеличение значений индекса свидетельствует об улучшении состояния и усилении роста растений. NDVI связан с показателями продуктивности, биомассы и структурой растительного покрова. Кроме этого, увеличение или уменьшение значений нормализованного относительного индекса растительности связано с особенностями сезонного развития различных экологических групп растений [11, 17]. В связи с этим для качественного пространственного разграничения объектов с различной долей участия растений разных экологических групп важно выявить оптимальные фенологические фазы для проведения исследований и определить космоснимки, сделанные в период их наступления.

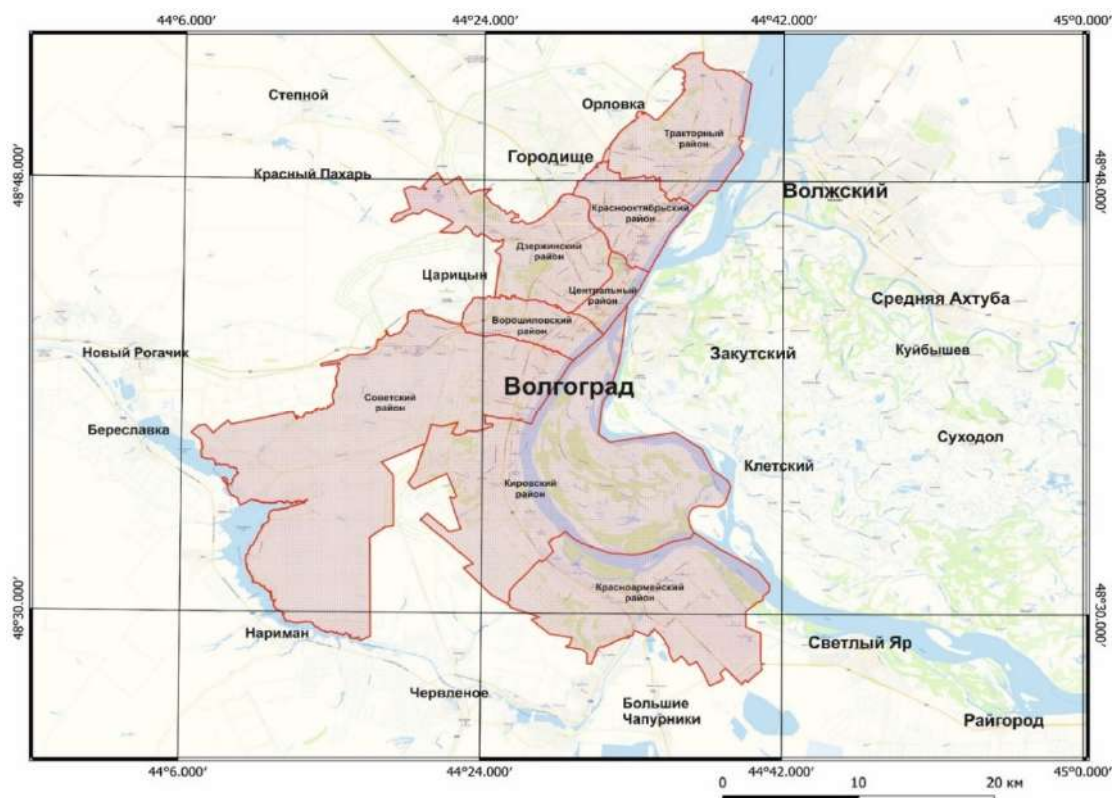


Рисунок 1 – Административное деление г. Волгограда

Figure 1 – Administrative division of Volgograd

Для выявления границ древесно-кустарниковых насаждений на территории г. Волгограда была проанализирована база мультиканальных космических снимков за 2017-2022 гг. с использованием автоматизированного просмотрщика EO browser на портале Sentinel Hub, принадлежащем «Лаборатории географических информационных систем Синергиз». Преимуществом данного просмотрщика является возможность расчета и визуализации индекса нормализованной активности в автоматизированном режиме, что значительно ускоряет обработку и анализ большого количества космоснимков.

Проведенный анализ позволил выделить снимок с максимальной разницей значений нормализованного относительного индекса для территорий, покрытых древесно-кустарниковой и травянистой растительностью - santinel 2 от 14 мая 2021.

Дальнейшая обработка материалов проводилась в программе Quantum GIS 3.18. Для расчета NDVI использовали спектральные каналы в красной (Red) и ближней инфракрасной (near infrared, NIR) зонах (1).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

В процессе полевого дешифрирования полученных данных было определено пороговое значение NDVI больше 0,45, в соответствии с которым выполнено картографирование древесно-кустарниковых насаждений.

Дополнительный контроль качества автоматизированного определения границ древесно-кустарниковых насаждений проводили по гибриднему снимку, включающему слой с разработанной картой древесно-кустарниковых насаждений и спутниковые

снимки высокого разрешения MAXAR, сделанные в различные временные промежутки. Для визуализации участков карты в данной работе в качестве фонового слоя использовался снимок спутника MAXAR (октябрь 2021 г.).

На основе разработанной карты древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда была рассчитана лесистость городских территорий, которая определялась по отношению площади территорий, покрытых древесно-кустарниковыми насаждениями, к общей площади городских районов и города в целом. Кроме этого, проанализирована пространственная структура и определена площадь древесно-кустарниковых насаждений, приходящихся на одного человека.

Результаты и обсуждение. Существующие методики выявления древесно-кустарниковых насаждений с использованием мультиспектральных космических снимков основываются на определении пороговых значений NDVI, которые определяются в процессе полевого дешифрирования картографических материалов [14, 17]. Так, по данным Шевела С. Ю. и Погорелова А. В., для ландшафтов Краснодарского края характерно следующее соответствие классов растительности и других природных объектов показателю NDVI (Landsat 7 от 9 августа 2000 г.): широколиственный лес – 0,38-0,52; хвойный лес – 0,35-0,5; кустарники и кустарниковая растительность – 0,36-0,46; орошаемые пахотные земли – 0,08-0,33 [17].

Большое значение для количественной и качественной оценки растений различных жизненных форм и экологических групп имеет фенологическая фаза развития, во время которой проводилась космофотосъемка. Учеными из ФНЦ агроэкологии РАН установлено, что в Волгоградском Заволжье в течение вегетационного сезона наблюдаются два цикла NDVI: первый – в период развития эфемеров и эфемероидов (май) и второй – в конце лета и начале осени, когда вегетирует галофитная растительность [11].

Флора большинства урбанизированных территорий претерпевает сильную антропогенную трансформацию, в результате которой значительно изменяется доля участия растений различных экологических групп. В травянистом ярусе начинают преобладать быстрорастущие пионерные и сорные растения. По сравнению с естественными растительными сообществами на территории города Волгограда снижается количество аборигенных степных эфемеров и эфемероидов, что приводит к сдвигу первого пика NDVI.

В долинах малых рек и крупных балок г. Волгограда большие площади занимают тростниковые насаждения, пик значений NDVI которых приходится на конец мая – начало июня. К середине мая тростниковые заросли имеют еще низкий индекс вегетационной активности, что позволяет выделять на их фоне древесно-кустарниковые растения, активно вегетирующие в этот период (рисунок 2). Эфемеры и эфемероиды пойменных растительных сообществ о. Сарпинский Кировского района и полуостровных территорий Красноармейского района в отличие от степных растений развиваются не на открытых пространствах, а под пологом леса, что не вызывает серьезных помех при картографировании древесно-кустарниковых насаждений на этих территориях (рисунок 3).

В сухостепных условиях Волжского правобережья, по сравнению с полупустынными районами Заволжья, на протяжении вегетационного периода происходит значительное накопление биомассы в травянистых растительных сообществах. В весенний период последующего года растительные остатки (мортмасса) закрывают отрастающие растения, что также приводит к сдвигу первого пика NDVI на вторую половину – конец мая.

Таким образом, космические снимки, сделанные в середине мая, являются оптимальным материалом для расчета индекса NDVI в целях пространственного разграничения древесно-кустарниковых и травянистых растений в условиях г. Волгограда. Анализ базы данных космоснимков sentinel 2 на портале Sentinel Hub за 2017-2022 гг. показал, что оптимальными для картографирования являются мультиканальные снимки от 14 мая 2021 года. Расчеты, проведенные с помощью растрового калькулятора Quantum

GIS, позволили построить NDVI снимок города Волгограда. По результатам полевого и камерального дешифрирования данного снимка было определено пороговое значение больше 0,45 для картографирования древесно-кустарниковых насаждений.

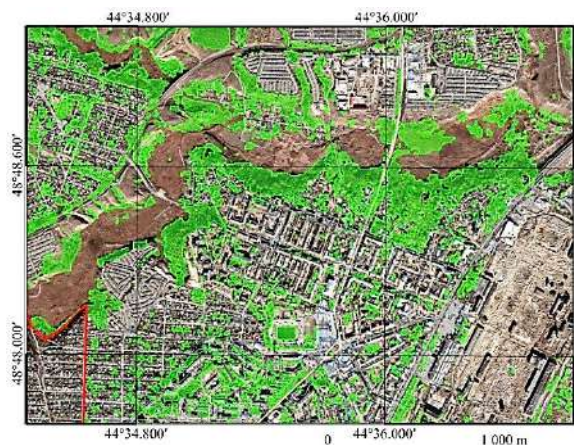


Рисунок 2 – Фрагмент карты древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда (Тракторозаводский район, среднее течение р. Мокрая Мечетка)

Figure 2 – A section of the map of tree plantations in Volgograd (Traktorozavodsky district, middle course of the Wet Mechetka river)

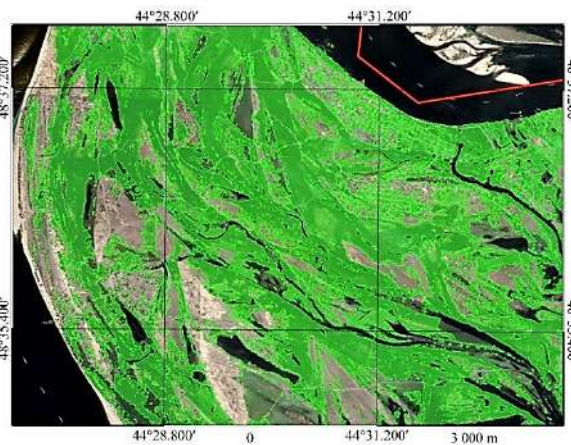


Рисунок 3 – Фрагмент карты древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда (Кировский район, северо-западная часть о. Сарпинский)

Figure 3 – Section of the map of tree plantations in Volgograd (Kirovsky district, north-western part of Sarpinsky Island)

Тем не менее контроль качества карты древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда, построенной по данным нормализованного относительного индекса растительности, с использованием выбранного снимка позволил выявить некоторые ошибки автоматического картографирования. Так, значительная ручная корректировка потребовалась для территории Волгоградского аэропорта, где проводятся регулярные покосы травостоя. Сбор и вывоз сухих растительных остатков приводит к отсутствию мортмассы в весенний период, поэтому значения NDVI этих территорий уже к середине мая могут накладываться на пороговые значения, характерные для показателей древесно-кустарниковых растений.

Вторая группа помех также связана с антропогенными факторами. Высокий индекс вегетационной активности в середине мая имеют поля, засеянные озимой пшеницей. В границах городской черты они иногда встречаются на сельскохозяйственных землях западной части Советского района. Поля обычно имеют строгие геометрические формы, поэтому легко дешифрируются на картографических материалах и удаляются в ручном режиме.

Третья группа – элитные объекты озеленения с системами автоматического орошения, где фиксируются высокие значения NDVI на протяжении всего вегетационного сезона. Выявлять и корректировать такие объекты также не составляет труда, т.к. в процентном соотношении они вносят незначительный вклад в формирование городских зеленых насаждений. Большинство городских газонов на территории объектов озеленения общего пользования имеет удовлетворительное состояние и индекс их вегетационной активности не превышает пороговых значений, характерных для древесно-кустарниковых растений.

Волгоградская область относится к малолесным регионам. По данным Комитета лесного хозяйства Волгоградской области по оценке эффективности деятельности за 2012 год, площадь лесов составляла 480,4 тыс. га, а лесистость территории – 4,3 %. Са-

мой низкой лесистостью (1,8 %) отличаются заволжские и южные районы на границе с которыми расположен город Волгоград. Несмотря на это, наши расчеты показали, что территория самого города отличается высоким процентом лесистости – 17,06 % – при общей площади древесно-кустарниковых насаждений 146,53 км² (таблица 1).

Таблица 1 – Представленность древесно-кустарниковых насаждений в границах административных районов и города Волгограда

Table 1 – Representation of tree plantations within the boundaries of administrative districts and the city of Volgograd

Название	Площадь района, км ²	Площадь древесно-кустарниковых насаждений, км ²	Лесистость, %	Население (2021 г.), чел.	Площадь древесно-кустарниковых насаждений на 1 чел., м ²
Тракторозаводский	72,5	14,83	20,46	134459	110,3
Краснооктябрьский	39	6,68	17,13	142738	46,8
Дзержинский	75	11,38	15,17	180271	63,1
Центральный	14,2	2,03	14,30	84428	24,0
Ворошиловский	29,1	5,13	17,63	77409	66,3
Советский	271,4	24,42	9,00	127676	191,3
Кировский	221,9	57,74	26,02	97843	590,1
Красноармейский	136,0	24,32	17,88	159939	152,1
Всего	859	146,53	17,06	1004763	145,8

Высокий процент лесистости городской территории, по сравнению с территорией области, объясняется рядом причин. Во-первых, в городскую черту входит о. Сарпинский – самый крупный речной остров, на территории которого расположены большие по площади естественные древесно-кустарниковые насаждения. Во-вторых, территория города имеет значительную протяженность вдоль р. Волги, включает несколько пойменных террас и долин малых рек, отличающихся хорошими лесорастительными условиями. В-третьих, на территории города создано много искусственных насаждений и объектов озеленения.

Пространственное распределение древесно-кустарниковых насаждений по административным районам города определяется особенностями их эколого-географического положения. Так, самой высокой лесистостью (26,02 %) отличается Кировский район, включающий в себя территорию о. Сарпинский. Низкая плотность населения и высокий процент лесистости определяют высокую площадь древесно-кустарниковых растений. На территории острова древесно-кустарниковые насаждения распределены более или менее равномерно, однако наиболее облесенной является северная часть, что связано с особенностями его гидрологии. В южной части расположено большое количество озер, ериков, заливов и понижений, затапливаемых во время весеннего паводка. Распределение древесно-кустарниковых насаждений на правобережной территории Кировского района отвечает общегородской тенденции, в соответствии с которой основная часть древесно-кустарниковых массивов сосредоточена в долинах балок, на склонах Ергеней и в прибрежной зоне р. Волги (рисунок 4).

В отличие от Кировского, минимальный процент лесистости (9 %) приходится на Советский район, основная часть которого расположена на водораздельных территориях Волго-Донского междуречья. Несмотря на низкий процент лесистости, по площади древесно-кустарниковых растений, приходящихся на одного человека (191,3 м²), он занимает второе место, что связано с низкой плотностью населения на его территории. В центральной части района древесно-кустарниковые растения встречаются преимущественно в защитных лесных насаждениях: вдоль полей, авто

и железнодорожных магистралей. Исключение составляют территории трех поселков, входящих в состав городской черты: Горьковского, Песчанки, Гули Королевой. Возрастает процент лесистости в западной части района, рядом с Береславским и Варваровским водохранилищами, где расположено несколько крупных дачных массивов и поселки Горный и Майский (рисунок 5).

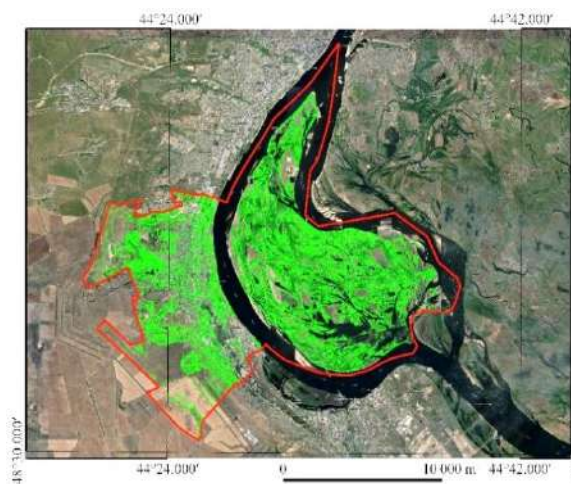


Рисунок 4 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Кировского района г. Волгограда

Figure 4 – Distribution of tree stands on the territory Kirovsky district of Volgograd

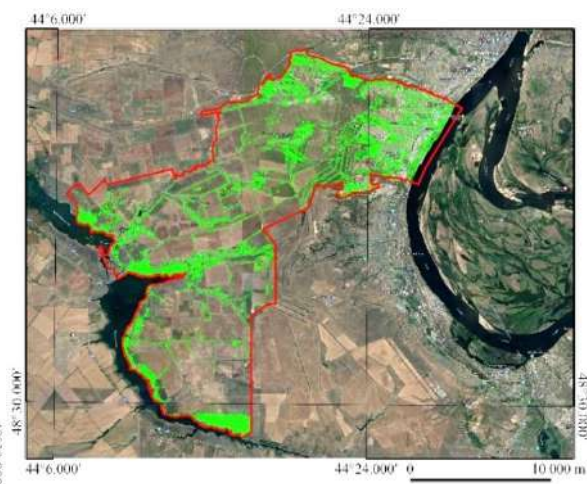


Рисунок 5 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Советского района г. Волгограда

Figure 5 – Distribution of tree stands on the territory Sovetsky district of Volgograd

В восточной части, кроме долин балок и пойменных террас р. Волги, большая доля участия древесно-кустарниковых растений в объектах общего пользования приходится на зеленые зоны вдоль пр. Университетского, ул. Электроресурсовой и ул. Слесарной.

Тракторозаводский район занимает второе место по лесистости территории (20,46 %), которая, на наш взгляд, связана с его территориальными и планировочными особенностями. Территория района включает долины рек Сухой Мечетки, Мокрой Мечетки и ее левого притока – реки Орловки. В северной и северо-западной части большой процент территорий принадлежит дачным массивам и одноэтажной жилой застройке.

В отличие от большинства других районов города Волгограда, одно из крупных промышленных предприятий на его территории (Волгоградский алюминиевый завод) расположено не в прибрежной зоне р. Волга, а в центральной части, что позволило сформировать вокруг него санитарно-защитные зеленые зоны с высокой долей участия древесно-кустарниковых насаждений (рисунок 6). Наименьшую площадь имеет Центральный район города Волгограда (14,2 км²). Он характеризуется высокой плотностью населения и, как следствие, самой низкой площадью древесно-кустарниковых насаждений, приходящихся на одного человека – 24,0 м². Большую территорию занимают древесно-кустарниковые насаждения Государственного историко-мемориального музея-заповедника «Сталинградская битва». На остальной части в объектах озеленения общего и ограниченного пользования преобладают групповые посадки, исключение составляют только небольшие древесно-кустарниковые массивы между ул. Чуйкова и Набережной 62-й Армии, ул. Пархоменко и Приволжской железной дорогой, а также на левом склоне долины реки Царица (рисунок 7).



Рисунок 6 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Тракторозаводского района г. Волгограда

Figure 6 – Distribution of tree stands on the territory
Traktorzavodsky district of Volgograd



Рисунок 7 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Центрального района г. Волгограда

Figure 7 – Distribution of tree stands on the territory
The Central district of Volgograd

Лесистость Краснооктябрьского района составляет 17,13 %. По сравнению с соседним, Тракторозаводским районом, Краснооктябрьский имеет более высокую плотность населения, в связи с чем площадь древесно-кустарниковых насаждений, приходящихся на 1 чел. на его территории составляет всего 46,8 м². Из городских районов он занимает предпоследнее место по обеспеченности древесно-кустарниковыми растениями на душу населения. Относительно низкий процент лесистости и обеспеченности жителей района древесно-кустарниковыми растениями отчасти можно объяснить городскими планировочными решениями. На территории района находится несколько крупных промышленных предприятий, расположенных вдоль р. Волги в непосредственной близости от жилых районов. В условиях плотной городской застройки отсутствует возможность сформировать вокруг них полноценные санитарно-защитные зоны, а дефицит площади на их территории приводит к сокращению древесно-кустарниковых насаждений внутри предприятий. На этом фоне особую роль играют объекты озеленения общего пользования, расположенные вдоль пр. им. В. И. Ленина. Древесно-кустарниковые растения на этих территориях выполняют не только функции санитарно-защитной зоны, но и являются важным структурным элементом дендрологического каркаса Краснооктябрьского района и города в целом (рисунки 8, 9).

Ближние показатели обеспеченности жителей древесно-кустарниковыми насаждениями имеют Дзержинский (63,1 м²/чел.) и Ворошиловский (66,3 м²/чел.) районы города Волгограда, однако по характеру распределения древесно-кустарниковых насаждений они имеют ряд существенных отличий. Так, на территории Ворошиловского района наиболее облесенные участки расположены равномерно по его периметру: в долинах рек Царицы, Ельшанки, на склонах и нижних пойменных террасах р. Волги, а также в искусственных защитных насаждениях западной части района (рисунок 10). В Дзержинском районе крупные древесно-кустарниковые массивы расположены в основном в юго-западной незастроенной части в долинах крупных балок, являющихся левыми притоками р. Царица. Остальная часть района с жилой застройкой, промышленными зонами и Волгоградским аэропортом облесена достаточно слабо. Исключение составляет древесный массив, находящийся в непосредственной близости от ТРК «Мармелад», ограниченный улицами Землячки, Космонавтов и Покрышкина (рисунок 11).

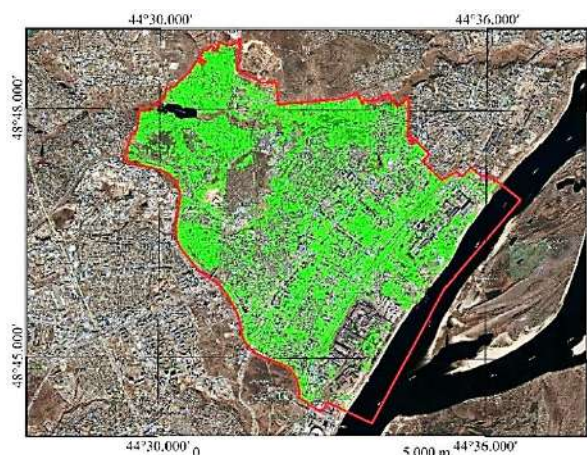


Рисунок 8 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Краснооктябрьского района г. Волгограда

Figure 8 – Distribution of tree stands on the territory Krasnooktyabrsky district of Volgograd



Рисунок 9 – Древесно-кустарниковые насаждения (ВМЗ «Красный Октябрь» и прилегающие жилые районы)

Figure 9 – Distribution of tree stands (VMZ "Krasny Oktyabr" and adjacent residential areas)

Неравномерное распределение древесно-кустарниковых насаждений характерно также для Красноармейского района города Волгограда. На его территории расположены два крупных речных полуострова, образованных затоном Красноармейским и затоном Татьяна. К ним приурочена значительная часть древесно-кустарниковых насаждений. В юго-западной части расположена Чапурниковская балка, на территории которой находится самая крупная на юго-востоке европейской территории России дубрава площадью 166 га [1] (рисунок 12). В центральной части района берет начало Волго-Донской судоходный канал, вдоль которого также расположено несколько крупных древесно-кустарниковых массивов. На остальной части территории древесно-кустарниковые растения представлены крайне слабо, а на территории промышленной зоны в Заканалье они практически полностью отсутствуют (рисунок 13).

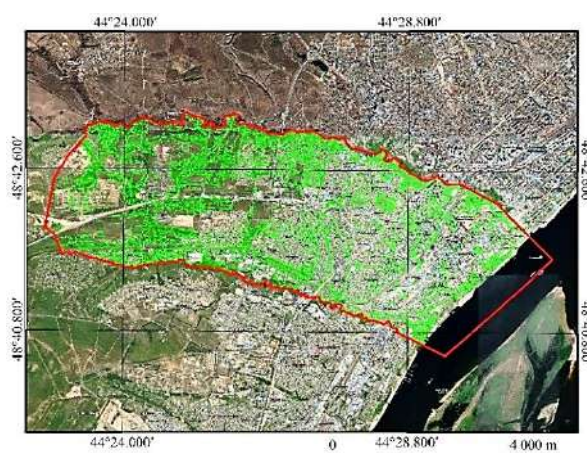


Рисунок 10 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Ворошиловского района г. Волгограда

Figure 10 – Distribution of tree stands on the territory Voroshilovskiy district of Volgograd

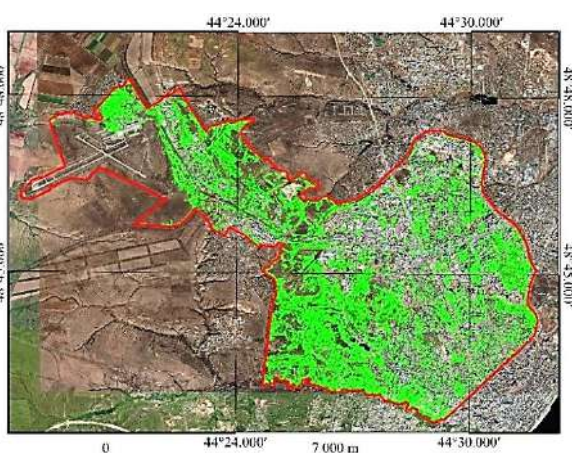


Рисунок 11 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Дзержинского района г. Волгограда

Figure 11 – Distribution of tree stands on the territory Dzerzhinsky district of Volgograd

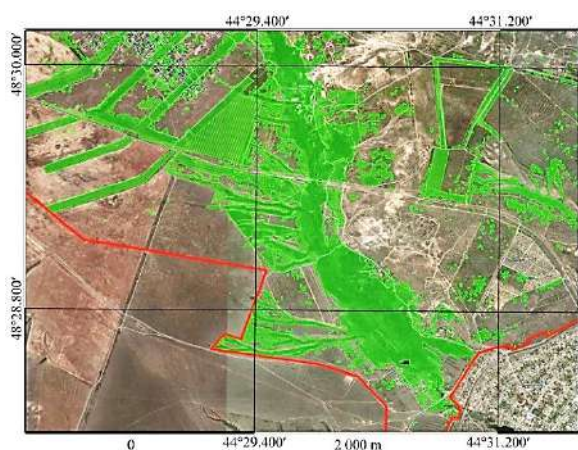


Рисунок 12 – Древесно-кустарниковые насаждения Чапурниковской балки (Красноармейский район г. Волгограда)

Figure 12 – Tree plantations of Chapurnikovskaya beam (Krasnoarmeysky district of Volgograd)

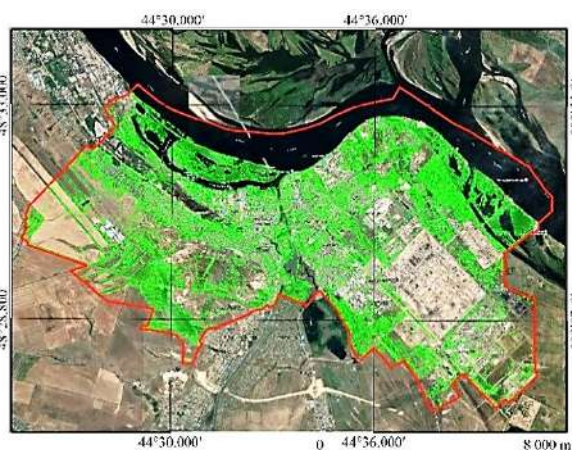


Рисунок 13 – Древесно-кустарниковые насаждения на территории Красноармейского района г. Волгограда

Figure 13 – Distribution of tree stands on the territory Krasnoarmeysky district of Volgograd

Отдельно необходимо отметить расположенные в непосредственной близости от городской черты, а на некоторых участках входящие в ее состав защитные государственные лесные полосы: Камышин – Волгоград, Волгоград – Степной – Черкесск, а также древесно-кустарниковые насаждения Зеленого кольца города Волгограда, расположенные в Городищенском районе Волгоградской области. Расчеты показали, что в настоящее время в состав государственных лесных полос от верховьев р. Сухая Мечетка до Чапурниковской балки входит 9,53 км² жизнеспособных древесно-кустарниковых насаждений. Несмотря на то, что территориально большая часть этих насаждений размещена за городской чертой, они являются главным структурным элементом городского дендрологического каркаса. Располагаясь преимущественно на водораздельных территориях, государственные лесные полосы становятся главной преградой на пути огромных масс песчаной пыли и суховеев, проникающих на территорию города с западных степных территорий Волго-Донского междуречья (рисунок 14).

В целом распределение древесно-кустарниковых растений на территории города носит неравномерный характер. В пространственной структуре можно выделить условную широтную и долготную поясность, которая связана с рядом эколого-географических и антропогенных факторов. Самый верхний (западный) пояс представлен полностью искусственно созданными древесно-кустарниковыми насаждениями в составе государственных лесных полос. Ниже располагается пояс естественных байрачных лесов и искусственных защитных зеленых насаждений в границах Тракторозаводского, Ворошиловского, Кировского, Красноармейского и Городищенского лесничеств. Второй пояс представлен древесно-кустарниковыми растениями в составе защитных насаждений, протянувшимися с севера на юг вдоль крупных автомобильных и железнодорожных магистралей, а также озеленительными и частично сохранившимися естественными насаждениями на склонах и террасах р. Волги. Долготная поясность древесно-кустарниковых насаждений связана с пересекающими городскую территорию долинами малых рек, крупных балок и прибрежными территориями Волго-Донского судоходного канала. Третий, менее выраженный, но важный пояс древесно-кустарниковых растений образуют системы защитных насаждений вдоль автомобиль-

ных и железнодорожных магистралей. Четвертый пояс – насаждения пойменных террас и склоновые территории правого берега Волги. В качестве отдельного структурного элемента необходимо выделить естественные пойменные древесно-кустарниковые насаждения острова Сарпинский и речных полуостровов Красноармейского района, имеющих слабую взаимосвязь с основными городскими территориями. Широтная поясность в пространственном распределении древесно-кустарниковых насаждений приурочена к долинам малых рек, крупных балок и береговой зоне Волго-Донского судоходного канала.

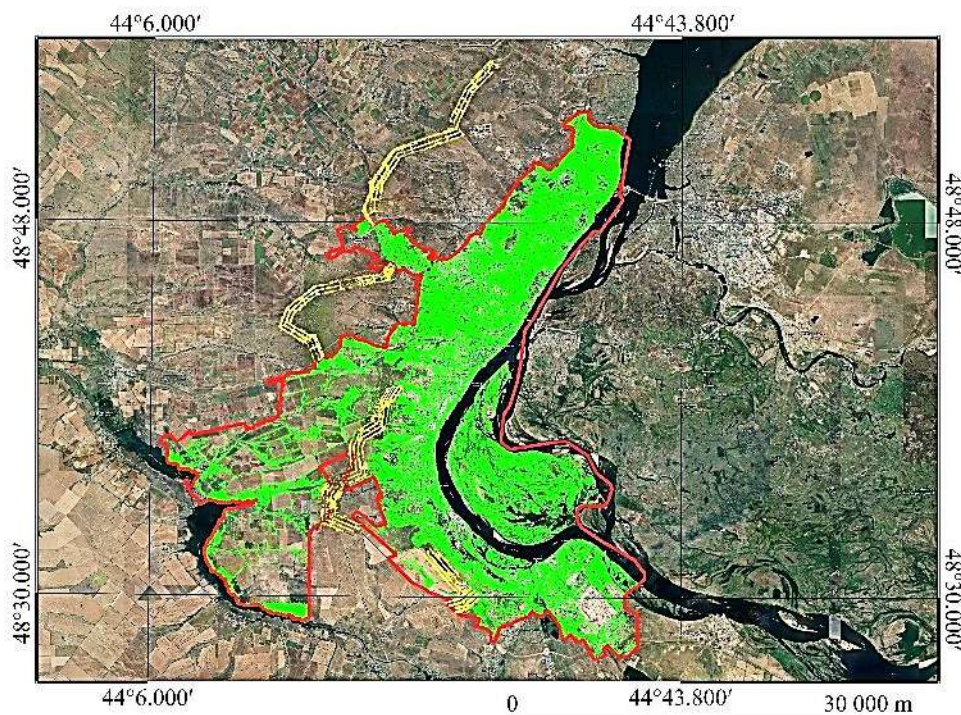


Рисунок 14 – Государственные лесные полосы, расположенные у западных границ г. Волгограда

Figure 14 – State forest strips located near the western borders of Volgograd

В условиях аридного климата пояса древесно-кустарниковых насаждений являются наиболее активными и взаимосвязанными в экологическом отношении элементами, которые формируют качественную и комфортную городскую среду для жизни горожан. Они выполняют ряд важных экологических функций и могут рассматриваться в качестве системных насаждений в рамках единого дендрологического каркаса г. Волгограда. Государственные лесные полосы выполняют барьерную функцию, предотвращают проникновение на территорию города с прилегающих степных территорий огромных масс сухого воздуха и песчаной пыли. Байрачные леса в верховьях балок в комплексе с искусственными насаждениями предотвращают развитие водной эрозии почв. Защитные насаждения вдоль авто-, ж/д магистралей и промышленных предприятий снижают негативное влияние промышленных выбросов и других типов загрязнения на жилые городские районы. По долинам малых рек и крупных балок происходит циркуляция и распределение воздушных масс между городскими территориями и прилегающей акваторией р. Волги. В комплексе пояса древесно-кустарниковых растений представляют собой систему экологических коридоров, по которым происходит распределение полезной энтомо- и орнитофауны, обеспечивающей устойчивость и долговечность насаждений.

Значительным потенциалом для формирования крупных древесно-кустарниковых массивов в пределах городской черты обладают пойменные территории в среднем и нижнем течении малых рек. В настоящее время поймы рек претерпевают сильную антропогенную трансформацию. В результате неконтролируемой хозяйственной деятельности на территории дачных массивов, зарегулирования стока с помощью дамб и других гидротехнических сооружений происходит заиливание и засоление пойменных террас, что приводит к развитию сукцессионных процессов. Древесно-кустарниковые насаждения постепенно сменяются травянистыми растительными сообществами с преобладанием *Phragmites australis*. Таким образом, для сохранения и восстановления древесно-кустарниковых насаждений на этих территориях необходимо проведение комплекса гидромелиоративных мероприятий, направленных на коренное улучшение неблагоприятного водного режима.

В условиях дефицита площади на территории застроенных густонаселенных районов особый вклад в формирование древесно-кустарниковых насаждений вносят склоны между пойменными и надпойменными речными террасами правого берега Волги. Не представляя особого интереса для размещения объектов городской инфраструктуры, они отличаются хорошими лесорастительными условиями, что делает их весьма перспективными территориями для создания крупных древесно-кустарниковых массивов в условиях плотной городской застройки.

Выводы. Проведенные исследования позволили отработать методику расчета площади древесно-кустарниковых насаждений в крупных населенных пунктах в сухостепных условиях юга Европейской части России, а также определить оптимальные сочетания фенологических фаз развития древесно-кустарниковой и травянистой растительности для их пространственной дифференциации по данным мультиспектральных космических снимков. Рассчитано пороговое значение NDVI больше 0,45 для картографирования древесно-кустарниковых насаждений с использованием мультиспектральных снимков *santinel 2* второй-третьей декады мая. Определен уровень представленности древесно-кустарниковых насаждений в границах административных районов и города Волгограда в целом. Установлено, что средняя лесистость территории города Волгограда составляет 17,06 %, а обеспеченность древесно-кустарниковыми растениями – 145,8 м²/чел. Анализ пространственного распределения древесно-кустарниковых насаждений позволил выявить недостатки и проблемные моменты создания и содержания объектов озеленения с участием древесно-кустарниковых растений. Так, главным недостатком является неравномерное распределение насаждений и, как следствие, низкая лесистость жилых районов г. Волгограда. Большинство крупных древесных массивов расположены на значительном удалении от густонаселенных районов города и могут рассматриваться только как защитные лесные насаждения специального назначения. Многие из них имеют неудовлетворительное состояние и не представляют особого интереса для организации рекреационной деятельности.

Библиографический список

1. Брылев В. А., Буруль Т. Н., Сергеева А. С. Ландшафтные особо охраняемые заказники Южной части Волгоградской агломерации // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 3. С. 101-107.
2. Выявление эффективности применения биологического разнообразия хозяйственно ценных растений в лесомелиоративных комплексах сухостепного региона / А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова, В. А. Семенютина, Д. В. Сапронова // Московский экономический журнал. 2019. № 9. С. 2.
3. Картографирование ландшафтной структуры пойменных экосистем нижней Волги (на примере острова Сарпинский) / А. С. Рулев, З. П. Дорохина, О. Ю. Кошелева, С. С. Шинкаренко // Научная жизнь. 2017. № 11. С. 48-56.

4. Кулик К. Н., Рулев А. С., Ткаченко Н. А. Изменения климата и агролесомелиорация // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 58-67.
5. Кулик К. Н., Кошелева О. Ю., Кошелев А. В. Ландшафтная дифференциация территории Г. Волгограда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 27-32.
6. Лазарев С. Е. Формовое разнообразие и декоративные свойства представителей рода *Robinia* в условиях сухой степи // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 42-50.
7. Лазарев С. Е., Семенютина А. В. Перспективность видов и форм рода *Robinia* L. Для лесозащитных и озеленительных насаждений // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 11-17.
8. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах / А. В. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.]. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2021. 288 с.
9. Рулев А. С., Кошелева О. Ю. Опыт картографирования ландшафтной структуры города Волгограда // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2010. № 2. С. 19-24.
10. Рулев А. С., Кошелева А. Ю., Шинкаренко С. С. Оценка лесистости агроландшафтов Юга Приволжской возвышенности по данным NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 32-39.
11. Рулев А. С., Канищев С. Н., Шинкаренко С. С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113-123.
12. Связь сезонной динамики температуры поверхности и NDVI урбанизированных территорий засушливой зоны (на примере Волгоградской агломерации) / С. С. Шинкаренко, О. Ю. Кошелева, О. А. Гордиенко [и др.] // Исследование Земли из космоса. 2021. № 4. С. 72-83.
13. Семенютина А. В., Ноянова Н. Г. Региональная специфика озеленения малых городов Южной сухостепной зоны // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 6 (372). С. 146-159.
14. Фетисов Д. М., Жучков Д. В., Горюхин М. В. Оценка уровня озеленения города Биробиджана с применением мультиспектральных данных // Биосфера. 2021. Т. 13. № 4. С. 170-179.
15. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова, А. В. Романова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.
16. Характеристика и особенности ростовых процессов древесных растений в засушливом регионе / А. Ш. Хужахметова, В. А. Семенютина, С. Е. Лазарев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 60-64.
17. Шевела С. Ю., Погорелов А. В. Вегетационный индекс NDVI как индикатор ландшафтов Краснодарского края // Географические исследования Краснодарского края. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2010. С. 262-268.

Информация об авторах

Хужахметова Алия Шамильевна, ведущий научный сотрудник, лаборатория биоэкологии древесных растений, ФНЦ агроэкологии РАН, кандидат сельскохозяйственных наук (Россия, 400062, Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0001-5127-8844, e-mail: avfanc@yandex.ru

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (Россия, 400002, Волгоград, Университетский проспект, 26, e-mail: v.p.voronina@mail.ru).

Лазарев Сергей Евгеньевич, старший научный сотрудник, лаборатория биоэкологии древесных растений, ФНЦ агроэкологии РАН, кандидат сельскохозяйственных наук (Россия, 400062, Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0001-6473-6242, e-mail: , e-mail: hortus@yandex.ru

EXTRACTION OF THE WALNUT PERICARP AND THE CHARACTERIZATION OF THEIR PHENOLIC COMPOUNDS

M. Z. Sultanova, H. A. Abdrakhmanov, N. Akzhanov,
A. S. Saduakas, A. B. Nurysh

*Astana branch of the Limited Liability Partnership
«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Kazakhstan, Nur-Sultan*

Received 15.06.2022

Submitted 31.08.2022

*The work was carried out within the framework of the project funded
by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR10764970-OT-21
"The use of non-traditional types of walnut waste to produce a product with preventive properties".*

Summary

The article determines that the use of nuts as part of the technological process in the food industry allows you to expand the chemical composition of the compounds used. Typological chemical-technological compounds used in the process of forming qualitative categories are identified.

Abstract

Introduction. All walnut parts contain vitamins of group C, A, E and B, organic acids, minerals and tannins. Unripe fruits of walnuts contain up to 3-5% vitamin C. The maximum content of vitamin C in immature walnuts is observed at the beginning of the hardening of the endocarp. The main groups of secondary biologically active components of food plants (chins and hydroquinones) include UGLON, which is found in walnuts of dairy products and vitality. UGLON (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) is a natural antibiotic with high bactericidal properties. UGLON inhibits the activity of phosphatidylinositol-3 kinase, which indicates its anticorrogenic properties without expressing the toxicity inherent in other cytostatics. One of the important stages of the walnut production and processing process is its purification from the green amniotic fluid, which helps to maintain the color of the kernel and shell. In the process of cleaning walnuts, you can clean a small part manually, and for a large batch you will need special equipment. However, in both cases, a large amount of waste remains, in addition, the use of appropriate disposal methods is necessary to reduce the level of their negative impact on the environment. **Object.** The object of the study is walnut as a source of phenolic compounds for the food industry. **Materials and methods.** The expediency of using walnut pericarp extract for food purposes has been investigated. The antioxidant activity of the extracts was studied as the walnut matured. Fresh walnut pericarp has the highest antioxidant activity during the period of milk maturity. Biologically active substances of the pericarp were isolated by extraction. The solvents used in the extraction process were ethanol and water. Extraction was carried out on a semi-automatic Soxhlet apparatus. **Results and conclusion.** All parts of walnut have healing properties and have a very rich chemical composition. Literary analysis shows that walnut pericarp is mainly used as a tissue dye due to the content of coloring substances in it. It is also known that due to a number of useful properties, pericarp is used in folk medicine for medicinal purposes. For example, it has the most important antioxidant, carcinogenic and antibacterial properties. However, it is still practically not used in the food industry. The main objectives of this study were to determine the content of phenolic compounds in the walnut pericarp during the period of milk maturation, the possibility of using the extract as a food additive, and the determination of optimal extraction modes by mathematical modeling.

Key words: *pericarp; walnut; extraction; milk ripeness; solvents.*

Citation. Sultanova M. Z., Abdrakhmanov H. A., Akzhanov N., Saduakas A. S., Nurysh A.B. Extraction of the walnut pericarp and the characterization of their phenolic compounds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 233-242 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-27.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 615.322:581

**ЭКСТРАКЦИЯ ОКОЛОПЛОДНИКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА
И ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ****М. Ж. Султанова**, магистр технических наук, руководитель проекта**Х. А. Абдрахманов**, старший научный сотрудник**Н. Акжанов**, магистр естественных наук, научный сотрудник**А. С. Садуакас**, научный сотрудник**А. Б. Нурыш**, магистр естественных наук, младший научный сотрудник*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Нур-Султан, Республика Казахстан*

Дата поступления в редакцию 15.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Работа проводилась в рамках проекта, финансируемого Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970-ОТ-21 «Использование нетрадиционных видов отходов грецкого ореха для получения продукта с профилактическими свойствами»

Актуальность. Все части грецкого ореха содержат витамины группы С, А, Е и В, органических кислот, минералов и танинов. Незрелые плоды грецких орехов содержат до 3-5 % витамина С. Максимальное содержание витамина С в незрелых грецких орехах наблюдается в начале затвердения эндокарпия. Основные группы вторичных биологически активных компонентов пищевых растений (подбородки и гидрохиноны) включают UGLON, который содержится в грецких орехах и молочных продуктах. Углон (5-гидрокси-1,4-нафтохинон) является природным антибиотиком с высокими бактерицидными свойствами. UGLON ингибирует активность фосфатидилинозитол-3 киназы, которая указывает на ее антикоагуляционные свойства без выражения токсичности, присущей другой цитостатике. Одним из важных этапов процесса производства и обработки грецкого ореха является его очистка из зеленой амниотической жидкости, которая помогает поддерживать цвет ядра и раковины. В процессе очистки грецких орехов можно очистить небольшую часть вручную, а для большой партии потребуется специальное оборудование. Однако в обоих случаях остается большое количество отходов, кроме того, использование соответствующих методов утилизации необходимо для снижения уровня их негативного воздействия на окружающую среду. **Объект.** Объектом исследований является грецкий орех как источник фенольных соединений для пищевой промышленности. **Материалы и методы.** Исследована целесообразность использования экстракта околоплодника грецкого ореха в пищевых целях. Антиоксидантная активность экстрактов изучалась по мере созревания грецкого ореха. Свежий околоплодник грецкого ореха обладает самой высокой антиоксидантной активностью в период молочной зрелости. Биологически активные вещества околоплодника выделялись методом экстракции. Растворителями, используемыми в процессе экстракции, были этанол и вода. Экстракция проводилась на полуавтоматическом аппарате Сокслета. **Результаты и выводы.** Все части грецкого ореха обладают целебными свойствами и имеют очень богатый химический состав. Литературный анализ показывает, что околоплодник грецкого ореха из-за содержания в нем красящих веществ используют в основном как краситель тканей. Известно также, что благодаря ряду полезных свойств околоплодник используется в народной медицине в лечебных целях. Например, он обладает важнейшими антиоксидантными, канцерогенными и антибактериальными свойствами. Однако он в пищевой промышленности до сих пор практически не используется. Основными задачами данного исследования было определение содержания фенольных соединений в перикарпе грецкого ореха в период молочного созревания, возможность использования экстракта в качестве пищевой добавки, определение оптимальных режимов экстракции методом математического моделирования.

Ключевые слова: околоплодник ореха, грецкий орех, экстракция околоплодника ореха, молочная спелость ореха.

Цитирование. Султанова М. Ж., Абдрахманов Х. А., Акжанов Н., Садуакас А. С., Нурыш А. Б. Экстракция околоплодника грецкого ореха и характеристика их фенольных соединений *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 233-242. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-27.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Общеизвестно, что дикорастущие растения являются богатыми источниками тех или иных биологически активных соединений, витаминов и минералов. Естественная среда произрастания растений позволяет им максимально накапливать полезные компоненты. Не является исключением и грецкий орех (*Juglans regia*), окультуренный человеком много лет назад, определенные сорта которого произрастают в нашей республике, в особенности в Алматинской области [7].

Грецкий орех – это уникальное растительное сырье, все части которого могут быть использованы человеком. К примеру, применяются плоды как зрелые, так и незрелые, зеленый околоплодник, кожура и перегородки после выделения ядра, листья и корни дерева, а также сама древесина [5].

Состав сырых грецких орехов молочно-восковой спелости представлен эфирными маслами, органическими кислотами, алкалоидами, гликозидами, сапонинами, кумаринами, каротиноидами, водорастворимыми витаминами, фитонцидами, фенольными соединениями, дубильными веществами и микроэлементами [2]. Эти природные комплексы стимулируют терапевтическое использование грецких орехов молочно-восковой спелости в качестве улучшающих добавок. Химический состав всех частей грецкого ореха зависит от вида, места и условий выращивания в окружающей среде [9].

Все части грецкого ореха содержат витамины группы С, А, Е и В, органические кислоты, минералы и дубильные вещества. Незрелые плоды грецкого ореха содержат до 3-5 % витамина С. Максимальное содержание витамина С в незрелых грецких орехах наблюдается в начале затвердевания эндокарпий [3].

К основным группам второстепенных биологически активных компонентов пищевых растений (хинонов и гидрохинонов) относится юглон, который содержится в грецких орехах молочно-восковой спелости. Юглон (5-гидрокси-1,4-нафтохинон) – природный антибиотик с высокими бактерицидными свойствами. Юглон ингибирует активность фосфатидилинозитол-3 киназы, что указывает на его антиканцерогенные свойства без выраженной токсичности, присущей другим цитостатикам.

Одним из важных этапов в процессе производства и обработки грецкого ореха является его очистка от зеленого околоплодника, который помогает сохранить цвет ядра и скорлупы. В процессе чистки грецких орехов небольшую их партию можно почистить вручную, а для большой партии потребуется специальное оборудование. Однако в обоих случаях остается большое количество отходов, кроме того, для снижения уровня их негативного воздействия на окружающую среду необходимо применение соответствующих методов утилизации.

В околоплоднике грецкого ореха содержатся полезные вещества: витамины, йод, дубильные вещества, юглон и жирные кислоты [4, 11]. Кроме того, грецкие орехи достаточно богаты полиненасыщенными жирными кислотами, которые являются важными диетическими жирными кислотами Омега-6 и Омега-3 [1].

Листья, зеленые плоды и околоплодник в отличие от других растений имеют рекордную концентрацию витамина С, Р-активных полифенолов и йода. Уникальный химический состав и наличие в нем биологически активных веществ объясняет использование их в народной медицине, а зеленых орехов – иногда и в пищевой отрасли [10].

Однако, несмотря на широкую известность и популярность грецкого ореха его антиоксидантные, антибактериальные, противопаразитарные и противоопухолевые свойства недостаточно изучены [6, 8].

Поэтому поиск оптимальных способов использования химически ценного околоплодника спелого грецкого ореха в производстве продуктов питания является актуальной задачей.

В техническом плане грецкий орех также может использоваться в качестве натурального красителя из-за содержания красящих веществ в околоплоднике. Но ограниченность его применения зачастую связана с недостаточно разработанными или полностью отсутствующими технологиями [12].

Таким образом, отходы грецкого ореха приносят неоценимую пользу для человека и могут быть оценены как источники природных антиоксидантов и противомикробных агентов.

Целью проведенного исследования является создание продуктов профилактического назначения на основе экстракта из зеленого околоплодника грецкого ореха молочной спелости для удовлетворения потребностей населения в высококачественных и безопасных продуктах, обладающих функциональной направленностью.

Материалы и методы. Материалом для исследования является околоплодник грецкого ореха молочной спелости, собранный в Алматинской области в конце мая. Экстракция проводилась на полуавтоматическом аппарате по Сокслету «АСВ-6». Зеленая шелуха грецкого ореха была отделена, помещена в пластиковые пакеты и заморожена при температуре -20 °С. Затем изучаемые образцы высушивались в сушильном шкафу.

Измельчение дробилкой «Novital Magnum 4V» и на лабораторной мельнице «МШЛ-1П».

Мельница «МШЛ-1П» является устройством периодического действия. Съёмный барабан мельницы заполняется предварительно измельченным на дробилке «Novital Magnum 4V» высушенным околоплодником грецкого ореха и измельчающими стальными шарами. При вращении барабана материал измельчается в результате истирающего и ударного действия шаров. Время измельчения зависит от крупности помола и варьируется от 1 до 3 часов [9].

Экстракция на полуавтоматическом аппарате экстракции по Сокслету «АСВ-6».

Для начала анализа подготавливаются пробы для экстракции. Стеклянные экстракционные колбы в количестве 6 штук просушиваются в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы и охлаждаются до комнатной температуры в эксикаторе. Изготавливаются гильзы из фильтровальной бумаги, и в нее помещается измельченный околоплодник грецкого ореха в количестве 5 г. Гильзу с образцом присоединяют к магнитному держателю внутри стеклянного холодильника. В экстракционную колбу наливают 45 мл растворителя (вода, этанол, вода+этанол) и устанавливают ее на водяную баню, подняв соответствующий стеклянный холодильник и установленную в нем пробу. Соединяют стеклянный холодильник и экстракционную колбу по шлифу. Включают нагрев. Открывают вентиль. После достижения заданной температуры, перемещают пробу в растворитель, где проба обрабатывается в течение 30 мин. После этого пробу переводят в положение для промывки чистым растворителем. Процесс промывки чистым растворителем и есть основная стадия экстракции, эта стадия

проходит в течение 60-180 мин. По окончании экстракции в течение 30 мин. растворитель переходит в верхнюю часть холодильника, а в экстракционной колбе остается экстрагированное вещество.

Было проведено центрифугирование при 3300 об/мин в течение 10 мин. Супернатант собирали в виде сырого экстракта фенольных соединений для дальнейшего анализа.

Общее содержание фенолов оценивали колориметрическим методом Фолина–Чокалтеу и результаты выражали в миллиграммах эквивалентов галловой кислоты (mg GAE/extract).

Определение активности по поглощению радикалов DPPH. Определение с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилгидрата (DPPH) выражали в количестве экстракта. Экстракты околоплодника грецкого ореха добавляли в 1,5 мл раствора DPPH (4,02 мг/100 мл в этаноле) и смесь выдерживали в темноте в течение 30 мин. при комнатной температуре. Поглощение при 517 нм использовали для определения концентрации оставшегося DPPH с помощью спектрофотометра UV-VIS. Анализ был проведен в трехкратной последовательности, и активность поглощения радикала DPPH была выражена в процентах (%) ингибирования с использованием следующего уравнения [10]:

$$\text{DPPH эффект очистки \%} = (\text{AD}-\text{AS})/(\text{AD}) * 100,$$

где AD – представляет собой значение поглощения при 517 нм контрольного типа DPPH; AS – является значением поглощения при 517 нм для образца.

Результаты и обсуждение. Оптимизация выхода экстракта из околоплодника грецкого ореха.

Для получения математической модели технологического процесса, представляющего собой уравнение регрессии, использовали ротатабельный план второго порядка (план Бокса).

Таблица 1 – Кодировка интервалов и уровней варьирования входных факторов

Table 1 – Encoding of intervals and levels of variation of input factors

Факторы		Уровни варьирования					Интервалы варьирования
Натуральные	Кодированные	-1,68	-1	0	+1	+1,68	
Концентрация растворителя	x1	50	60	70	80	90	10
Крупность помола околоплодника	x2	300	400	500	600	700	100
Продолжительность экстракции	x3	60	90	120	150	180	30

Таблица 2 - Дисперсионный анализ для квадратичной модели поверхности отклика

Table 2 - Analysis of variance for a quadratic model of the response surface

Закодированные значения			Натуральные значения			Критерии оптимизации			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x ₁	x ₂	x ₃	C, %	K, μm	t, min	Y	Y _p	(Y-Y _p) ²	Y _{ph}
-1	-1	-1	60	400	90	30,05	33,237719	10,16155	33,23772
-1	-1	1	60	400	150	32,05	37,34079	27,99246	37,34079
-1	1	-1	60	600	90	29,16	28,480742	0,461391	28,48074
-1	1	1	60	600	150	31,01	31,523813	0,264004	31,52381
1	-1	-1	80	400	90	38,05	40,839304	7,780217	40,8393
1	-1	1	80	400	150	41,05	45,032375	15,85931	45,03238
1	1	-1	80	600	90	30,02	28,032327	3,950844	28,03233
1	1	1	80	600	150	31,05	31,165398	0,013317	31,1654
-1,68	0	0	60	500	120	30,08	26,649846	11,76596	32,96734

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,68	0	0	90	500	120	34,15	32,734108	2,004751	30,02698
0	-1,68	0	70	300	120	56,57	48,930228	58,36612	51,89678
0	1,68	0	70	700	120	30,59	33,286106	7,268989	33,27283
0	0	-1,68	70	500	60	30,55	30,083131	0,217967	27,64891
0	0	1,68	70	500	180	40,57	36,16149	19,43496	34,88505
0	0	0	70	500	120	26,73	37,569046	117,4849	37,56905
0	0	0	80	300	120	45,97	37,569046	70,57603	36,58893
0	0	0	90	500	90	31,37	37,569046	38,42817	53,21324
0	0	0	60	500	90	25,99	37,569046	134,0743	29,60529
0	0	0	90	300	120	60,92	37,569046	545,2671	52,40472
0	0	0	70	500	150	33,39	37,569046	17,46442	37,80257

Значения доверительных интервалов критериев оптимизации процесса выхода общих фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значение доверительных интервалов критерия оптимизации

Table 3 – The value of confidence intervals of the optimization criterion

Процесс экстракций	Входной параметр	Доверительные интервалы			
		Δb_0	Δb_i	Δb_{ii}	Δb_{ij}
Выход общих фенольных соединений	Y	$\pm 11,08$	$\pm 7,35$	$\pm 7,16$	$\pm 9,61$

Сравнивая значения доверительных интервалов в таблице 3 с соответствующими коэффициентами регрессии, можем сделать вывод, что эффекты взаимодействия входных факторов незначительны.

Таким образом, уравнения регрессии для процесса выхода общих фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха для кодированных значений примет следующий вид:

$$y = 37.56 + 1,81x_1 - 4,65x_2 + 1,80x_3 - 2,01x_1x_2 + 0,02x_1x_3 - 0,26x_2x_3 - 2,79x_1^2 + 1,25x_2^2 - 1,57x_3^2$$

Таким образом, учитывая, что $F_p < F_m$ модель технологической эффективности процесса можно считать адекватной с 95 % доверительной вероятностью.

После канонического преобразования моделей второго порядка были получены уравнения регрессии в канонической форме, значения параметров оптимизации были вычислены на ЭВМ текстового процессора Microsoft Excel, на основе которых строили модель в трехмерном пространстве, представляющую собой выход экстракций, которая характеризует зависимость продолжительности проведения экстракций (t , min), концентрации растворителя (C , %), крупности помола околоплодника грецкого ореха (K , μm) оказывающие влияние на критерии оптимизации – выхода фенольных соединений. На рисунке 1 приведено графическое изображение графиков зависимостей.

Анализ представленных графиков показал, что на трехмерной модели в пространстве существуют оптимальные области переменных значений концентрации растворителя (%), крупности помола (μm), продолжительности проведения экстракций (min) величины, при которых выход экстракций осуществляется с оптимальными значениями C (%), K (μm), t (min).

Концентрацию растворителя, крупность помола и продолжительность экстракции меняли. Когда время экстракции увеличивали с 60 до 180 мин, выход фенольных соединений соответственно увеличивался, и самый высокий выход экстракции был получен через 150 мин.

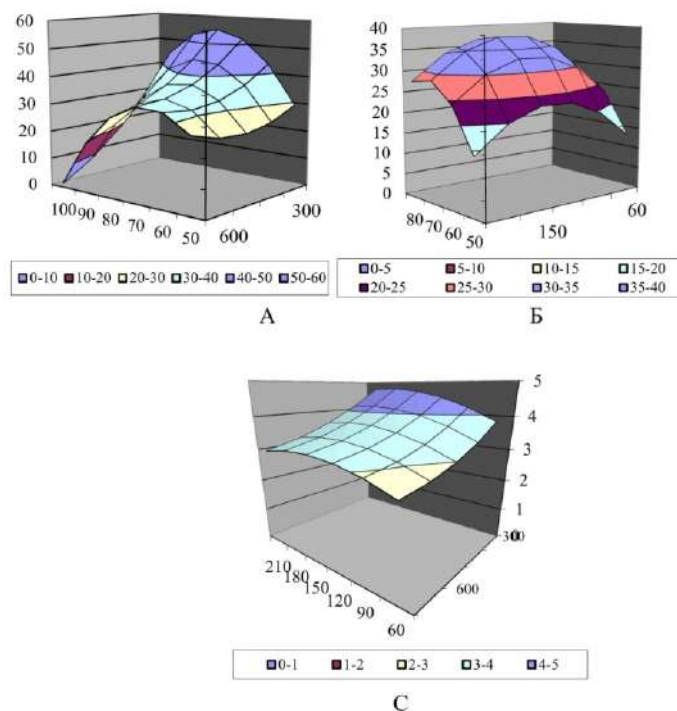


Рисунок 1 – Трехмерная модель в пространстве выхода фенольных соединений:
А – концентрация растворителя (%) и крупность помола (μm); В – концентрация растворителя (%) и продолжительность экстракций (min); С – продолжительность экстракций (min) и крупность помола (μm)

Figure 1 – Three-dimensional model in the output space of phenolic compounds:
А – solvent concentration (%) and grinding fineness (μm); В – solvent concentration (%) and extraction duration (min); С – extraction duration (min) and grinding fineness (μm)

Как показано на рисунке 1А, при крупности 300 μm и увеличении концентрации этанола с 50 % до 90 %, выход экстракции также увеличился с 29,06 до 44,28 mg GAE/extract. Увеличение продолжительности экстракции с 60 минут до 180 минут и росте концентрации растворителя с 50 % до 90 %, выход фенольных соединений также увеличился с 20,08 до 36,80 mg GAE/extract.

Показатель измельчения околоплодника грецкого ореха напрямую влияет на выход фенольных соединений. По итогам исследования околоплодник, измельченный до 300 μm, дал максимальный выход фенольных соединений.

Этанол и вода были выбраны в качестве экстракционных растворителей не только потому, что они приводят к более высоким выходам экстракции, но и потому, что они безопаснее и менее токсичны по сравнению с метанолом и другими органическими растворителями.

После экстракции околоплодника грецкого ореха в качестве наилучшего результата были получены 2 различных соотношения. К ним относятся:

- 1) соотношение этанола с водой (80 % + 20 %), крупность помола – 300 μm, время экстракции – 120 минут.
- 2) 90 % этанол, крупность помола – 300 μm, время экстракции – 150 минут.

Определение активности по поглощению радикалов DPPH.

DPPH является стабильным свободным радикалом органического азота, и его способность к поглощению широко использовалась для оценки антиоксидантной способности экстрактов из растительного сырья.

Антиоксидантную активность фенольных соединений из экстракта околоплодника грецкого ореха, сравнивали с антиоксидантной активностью трех обычно используемых синтетических антиоксидантов – ВНТ, ВНА и ТВНҚ (рисунок 2).

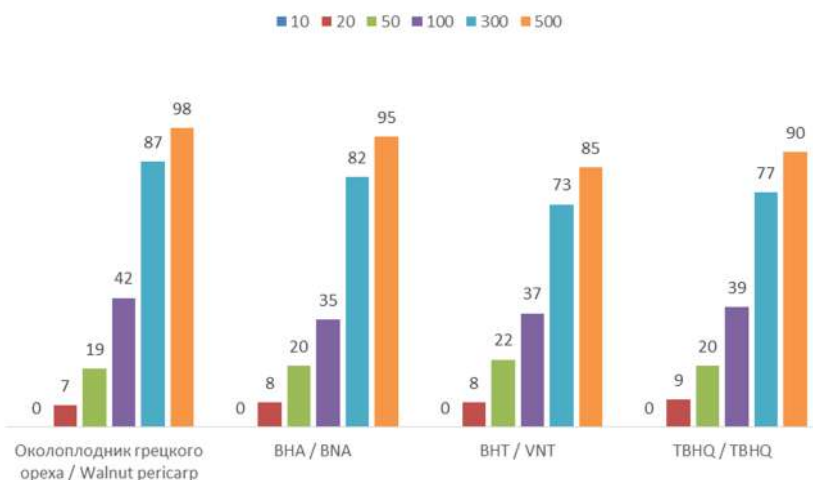


Рисунок 2 – Сравнение антиоксидантной активности фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха с ВНА, ВНТ и ТВНҚ с помощью анализа DPPH

Figure 2 – Comparison of antioxidant activity of phenolic compounds from walnut pericarp with BHA, BHT and TBHQ using DPPH analysis

При более низких концентрациях фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха активность поглощения была одинаковой. В диапазоне концентраций от 100 до 500 мкг/мл поглощающая активность фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха была выше, чем ТВНҚ, ВНА и ВНТ.

Эти данные показывают, что экстракт из околоплодника грецкого ореха может применяться в качестве естественной антиоксидантной замены синтетических антиоксидантов, основным недостатком которых является оказание негативных последствий для здоровья человека.

По качественному соотношению полученные экстракты показали наличие высокого уровня содержания фенольных соединений, что говорит о том, что околоплодник грецкого ореха молочной спелости обладает антибактериальными, антиокислительными и канцерогенными свойствами и может применяться в лечебных целях. Результаты данной работы показали, что околоплодник грецкого ореха можно использовать как источник природных антиоксидантов растительного происхождения. Дальнейшие исследования и полученные при этом результаты будут иметь направление в сторону практического применения – использования экстрактов в качестве пищевых добавок, обогащающих и повышающих пищевую ценность продуктов питания.

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы: была проведена экстракция этанолом и водой.

Методом математического моделирования были выявлены самые оптимальные режимы экстракции, при которых наиболее полно извлекаются все фенольные соединения околоплодника грецкого ореха. По результатам оптимизации выявлено, что при экстракции 90% этанолом, время проведения экстракции составило 150 мин., при этом выход фенольных соединений был наиболее максимальным; при экстракции экстрагентом «этанол + вода» в соотношении 80 / 20, время проведения экстракции составило 120 мин., при этом был наиболее максимальный выход экстракта. Доказано, что экс-

тракт из околоплодника грецкого ореха обладает более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с синтетическими антиоксидантами, такими как ВНТ, ВНА и ТВНҚ. Экстракт из околоплодника грецкого ореха может применяться в качестве естественной антиоксидантной замены синтетических антиоксидантов.

Благодарность. Работа проводилась в рамках проекта, финансируемого Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970-ОТ-21 «Использование нетрадиционных видов отходов грецкого ореха для получения продукта с профилактическими свойствами». В заключение, хотелось бы искренне поблагодарить всех участников этого научного проекта за их помощь в проведении экспериментальных исследований. Также выражаем благодарность руководству и ученым Астанинского филиала ТОО «КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности».

Библиографический список

1. Артюхова Л. В., Якуба Ю. Ф., Балапанов И. М. Оценка перспективных форм ореха грецкого селекции СКФНЦСВВ по качеству плодов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 55-65.
2. Аслонова И. Ж., Кароматов И. Д., Тураева Н. И. Химический состав грецкого ореха // Биология и интегративная медицина. 2019. № 10(38). С. 77-83.
3. Кудратова Ш. Х., Рахимова М., Кудратова Л. Х. Определение кислотного числа экстракта околоплодника грецкого ореха // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2021. № 2. С. 186-196.
4. Назарько М. Д., Кириченко А. В., Шершнева В. А. Разработка биотехнологии трансформации околоплодников и листьев грецкого ореха для получения фитопрепарата // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
5. Хохлов С. Ю. Изучение морфологической изменчивости плодов и оценка перспективных сортов ореха грецкого // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 67. С. 273-277.
6. Chesnokova N. Y. Research of safety and relative biological value of drinks on the basis of the extract of manchurian walnut pericarp // Tekhnika i Tekhnologiya Pishchevykh Proizvodstv. 2016. Vol. 40. Issue 1. P. 96.
7. Levchuk T. V. Antioxidant activities of manchurian walnut-pericarp-based extracts // Academic collaboration with Far Eastern federal University. 2015. P. 67.
8. Ma Y., Wang C., Liu C. Physiochemical responses of the kernel quality, total phenols and antioxidant enzymes of walnut in different forms to the low-temperature storage // Foods. 2021. Vol. 10. Issue 9. P. 2801.
9. Orlova O. The unique characteristics of milky-wax ripe walnuts and their usage // Agronomy Research. 2014. V. 12. № 3. Pp. 769-778.
10. Queiros C. S. Characterization of walnut, almond, and pine nut shells regarding chemical composition and extract composition // Biomass Conversion and Biorefinery. 2021. Vol. 10. Issue 1. Pp. 175-188.
11. Tiurikova I. S. A prospective method to use waste of walnuts // Journal of Chemistry and Technologies. 2021. V. 29. № 2. P. 331-341.
12. Zhu X., Luo Z., Zhu X. Novel insights into the enrichment of phenols from walnut shell pyrolysis loop: Torrefaction coupled fractional condensation // Waste Management. 2021. Vol. 131. Pp. 462-470.

Информация об авторах

Султанова Мадина Жумахановна, магистр технических наук, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: sultanova.2012@mail.ru

Абдрахманов Хамза Абдуллович, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), mail: hake57@mail.ru

Акжанов Нурторе, магистр естественных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: nurtore0308@gmail.com

Садуакас Айгерим Садиековна, научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: aykon96@mail.ru

Нурыйш Аида Бексултанкызы, магистр естественных наук, младший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: nyr.aida@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-28

CHANGES IN THE PROTEIN-PROTEINASE COMPLEX SPROUTED GRAIN OF LEGUMINOUS CROPS

A. A. Moldakarimov¹, N. Z. Muslimov¹, A. B. Dalabaev¹, A. K. Timurbekova²,
A. K. Sadibaev³

¹ Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»,
Kazakhstan, Nur-Sultan

² Non-profit joint stock company «Kazakh National Agrarian Research University»,
Kazakhstan, Almaty

³ Non-profit joint stock company «Taraz State University named after Muhammed Haidar Dulati»,
Kazakhstan, Taraz

Received 30.06.2022

Submitted 30.08.2022

The research was carried out as part of the implementation of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products from a unit of raw materials, as well as reduce the share of waste in production" on the scientific topic: "Development of technology for the production of functional beverages based on sprouted grain".

Summary

The article shows that the protein-proteinase complex is determined in different values in the sprouted grain of crops of both traditional cultivation and non-traditional leguminous crops. It was determined that during the germination of grain during a week period, the appearance of an increased content of protein complexes is possible.

Abstract

Introduction. The possibility of using sprouted grains of legumes and their hidden raw material potential for the production of functional beverages was studied. As is known, legumes have a rich protein composition, which, when germinated as a result of fermentation of the protein complex by protease, is cleaved to polypeptides and amino acids, and undergoes further hydrolysis to ammonia, carbon dioxide and water, which significantly reduces the quality characteristics of the finished product. **An object.** In this regard, the dynamics of the enzymatic process occurring in the grain mass during the germination of legumes was studied. The aim of the research was to study the enzymatic activity (protease) in relation to the timing of germination and the effects of changes in the amino acid composition of legume grains of domestic varieties of breeding (soy, peas and chickpeas). **Materials and methods.** The determination of protease activity in legume grains during germination was carried out using casein as a substrate. In four laboratory test tubes, one of them is a control, 5 ml of casein was injected, which were kept for 5 minutes in a water bath at a temperature of 37° C. Spectrophotometric readings were determined with a wavelength of 660 nm by the «Shimadzuuv-1900 I» spectrophotometer. The values of the light absorption power of experimental and control solutions were determined, the results of the studies were recorded in the laboratory journal. **Results and conclusion.** As a

result of the research, it was found that most of the substituted and essential amino acids exist in the pea grain before germination and after germination, while the total mass fraction of amino acids in the original grain was 13.023%. With an increase in germination periods, an increase in values to 21.786% was observed on the second day of germination. The maximum values of the mass fraction and the concentration of substituted amino acids are determined in arginine, the content of which reaches 3.855% / 230 mg/l in the initial grain and 2.599% / 170 mg/l on the fourth day of germination. Of the essential amino acids, the maximum values in the feedstock correspond to "leucine+isoleucine" and lysine, which amounted to 1.676%/100 mg/l and 1.24%/74 mg/l, respectively. And when germinating on the sixth day, the content of these essential acids was 2.247%/12 mg/l and 1.629%/87 mg/l. The initial chickpea grain contains more amino acids than their content during germination. The total mass fraction of amino acids in the starting raw material was 30.26%, and on the second day of germination it decreases to 20.286%. After that, on the fourth day of germination, the mass fraction of amino acids increases to 25.299%. A further increase in the germination time of the seeds of the variety leads to a decrease in the total mass fraction of amino acids, which can be explained by the process of destruction of the protein composition.

Key words: functional drinks, protein-proteinase complex, sprouted grain, cereals, protease, triticale, germination time, amino acid composition, interchangeable and essential amino acids, total mass fraction, concentration.

Citation. Moldakarimov A.A., Muslimov N. Z., Dalabaev A. B., Timurbekova A. K., Sadibaev A. K., Changes in the protein-proteinase complex sprouted grain of leguminous crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 242-251 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-28.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 664.64(075)

ИЗМЕНЕНИЕ БЕЛКОВО-ПРОТЕАЗНОГО КОМПЛЕКСА ПРОРАЩЕННОГО ЗЕРНА ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

А. А. Молдакаримов¹, магистр, инженер

Н. Ж. Муслимов¹, доктор технических наук, член-корреспондент АСХН

А. Б. Далабаев¹, магистр техники и технологии

А. К. Тимурбекова², кандидат технических наук, ассоц. профессор кафедры

А. К. Садиев³, кандидат технических наук, доцент кафедры

¹ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

² НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан

³ НАО «Таразский региональный университет имени М. Х. Дулати», г. Тараз, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 30.06.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Исследование проводилось в рамках реализации научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» по научной теме: «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна».

Актуальность. Изучались возможность использования пророщенного зерна бобовых культур и их скрытый сырьевой потенциал для производства функциональных напитков. Как известно, бобовые культуры обладают богатым белковым составом, который при проращивании в результате ферментации белкового комплекса протеазой расщепляется до полипептидов и аминокислот и подвергается дальнейшему гидролизу до аммиака, диоксида углерода и воды, что значительно снижает характеристику качества готовой продукции. **Объект.** В этой связи,

изучали динамику ферментативного процесса, происходящего в зерновой массе при проращивании бобовых культур. Целью исследований являлось изучение ферментативной активности (протеазы) во зависимости от сроков проращивания и последствия изменения аминокислотного состава зерна бобовых культур отечественных сортов селекции (соя, горох и нут). **Материалы и методы.** Определение активности протеазы в зерне бобовых культур во время проращивания проводилось с использованием казеина в качестве субстрата. В четырех лабораторных пробирках, одной из них является контроль, вводили 5 мл казеина, которые были выдержаны в течение 5 минут в водяной бане при температуре 37 ° С. Спектрофотометрические показания были определены с длиной волны 660 нм спектрофотометром "Shimadzuuv-1900 I". Были определены значения мощности поглощения экспериментальных и контрольных решений. **Результаты и выводы.** В результате исследований было обнаружено, что в зерне гороха до проращивания и после проращивания существует большинство замещенных и незаменимых аминокислот, в то время как общая массовая доля аминокислот в исходном зерне составляла 13,023%. При увеличении периодов проращивания увеличение значений до 21,786% наблюдалось на второй день проращивания. Максимальные значения массовой фракции и концентрация замененных аминокислот определяются в аргинине, содержание которого достигает 3,855%/230 мг/л в исходном зерне и 2,599%/170 мг/л в четвертый день проращивания. Из незаменимых аминокислот максимальные значения в исходном сырье соответствуют «лейцину+изолейцину» и лизину, которые составили 1,676%/100 мг/л и 1,24%/74 мг/л соответственно. И при проращивании на шестой день содержание этих незаменимых кислот составило 2,247%/12 мг/л и 1,629%/87 мг/л. Первоначальное зерно нута содержит больше аминокислот, чем содержание их во время проращивания. Общая массовая доля аминокислот в стартовом сырье составила 30,26%, а на второй день проращивания уменьшается до 20,286%. После этого, на четвертый день проращивания, массовая доля аминокислот возрастает до 25,299%. Дальнейшее увеличение проращивания сроков семян сорта приводит к снижению общей массовой фракции аминокислот, что может быть объяснено процессом разрушения белкового состава.

Ключевые слова: функциональные напитки, белково-протеазные комплексы, пророщенное зерно, протеаза; сроки проращивания тритикале.

Цитирование. Молдакаримов А. А., Муслимов Н. Ж., Далабаев А. Б., Тимурбекова А. К., Садибаев А. К. Изменение белково-протеазного комплекса пророщенного зерна зернобобовых культур *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 242-251. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-28.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При проращивании зерна запасенные в нем белки начинают расщепляться на аминокислоты, которые частично усваиваются, частично разлагаются на нуклеотиды, распадающиеся, в свою очередь, на основания, лежащие в природе генов [10]. Как только начинается процесс набухания, предшествующий проращиванию зерна, в зерне пробуждаются невиданные силы, весь запас питательных веществ преобразуется в активную, готовую для употребления форму: белки - в аминокислоты, крахмал - в сахар, жиры - в жирные кислоты [1]. Синтезируются витамины, развиваются ауксины, фитогормоны, то есть все наличные силы; весь биостимуляторный комплекс мобилизуется для выполнения запрограммированной природой задачи - воспроизводства себе подобного [7].

Польза пророщенного зерна очень велика, и питательные свойства недооценены в полной мере [11]. Пророщенное зерно – природная биологически активная добавка, содержащая множество витаминов и минералов [2]. В процессе проращивания активизируется весь скрытый биологический потенциал зерна. При регулярном применении в рационе пророщенных зерен они способны наладить обмен веществ, улучшить тонус, поднять иммунитет, наполнить тело энергией [8]. Химический состав пророщенного зерна крайне бо-

гатов витаминами: в состав зерна входит клетчатка, магний, калий, цинк, фосфор, селен, витамины В и Е, фитоэстрогены, пектин и линолевая кислота. Пророщенное зерно нормализует уровень холестерина в организме человека, способствует улучшению пищеварительных процессов, благоприятно стимулирует работу мозга и сердечно-сосудистой системы. Углеводы обеспечат зарядом энергии [12]. В составе пророщенного зерна имеется пектин, который благотворно влияет на слизистую оболочку кишечника. Путем впитывания вредных веществ он способен уменьшать гнилостные процессы. Пророщенное зерно – биологический антиоксидант, оно содержит витамин Е и селен, а витамин группы В 12. Помимо всего прочего, проростки содержат фитоэстрогены, которые снижают вероятность возникновения рака. Также ростки полезны тем, что снижают уровень сахара в крови и повышают тонус мышц, это обусловлено действием витамина F и магния. Линолевая кислота помогает усваиваться сахару, белкам и жирам [3, 6].

Наиболее перспективное направление в решении проблемы ликвидации дефицита макро- и микроэлементов – обогащение натуральными биологически активными веществами продуктов питания ежедневного массового потребления, что позволит проводить коррекцию рациона широких слоев населения. В этой связи разработка технологии обогащения продуктов питания микроэлементами в виде комбинированных напитков лечебно-профилактического принципа действия на основе пророщенного зерна является актуальным и своевременным направлением в области здорового и рационального питания [4].

В этой связи при проращивании зернобобового сырья необходимо изучить динамику ферментативных процессов, протекающих в объектах исследования, так как идут глубокие биотехнологические процессы, активно изменяющие химический состав растительного сырья [5].

Материалы и методы. В качестве объектов исследования определили сорта бобовых культур: соя сорт "Ивушка"; горох сорт "Аксары"; нут сорта "Сэтті". Представленные сорта являются последними научными разработками отечественных ученых-селекционеров и ведущих коллективов научно-производственных центров в области растениеводства.

Методические предпосылки. Определение протеазной активности в зерне бобовых культур при проращивании проводили с использованием казеина в качестве субстрата. В четыре лабораторные пробирки, одна из них контрольная, вносили 5 мл казеина, которые выдерживали в течение 5 минут на водяной бане при температуре 37°C. В три пробирки с пробами вносили 1 мл раствора фермента (супернатант и образцы осадка, полученные после осаждения сульфата аммония, разбавляли натрий-ацетатным буфером), далее смешивали и повторно выдерживали в водяной бане при 37 °C, 10 минут. После чего в три пробирки вносили по 5 мл CCl_3COOH , а в контрольную пробирку 1 мл раствора фермента. После полученные образцы перемешивали и выдерживали при температуре 37°C в течение 30 минут. Далее полученные образцы центрифугировали при 10000 g в течение 10 минут при температуре 4°C. В завершение, вносили 2 мл супернатанта, 5 мл карбоната натрия и 1 мл реактива "FOLIN-CIOCALTEU", используемого для спектро- и фотометрических исследований.

Спектрофотометрические показания определяли при длине волны 660 нм на спектрофотометр "ShimadzuUV-1900 i" (Япония).

Обработка результатов исследования. Опытным путем определяли значения светопоглощающей способности опытных и контрольного растворов, результаты исследований регистрировали в лабораторном журнале. После рассчитывали ферментативную активность для каждого образца по формуле [9]:

$$A = \frac{D_0 - D_k}{1,691}, \quad (1)$$

где D_0 и D_k - экспериментальные данные светопоглощения в опытных и контрольных образцах.

Результаты и обсуждение. Основная роль ферментативного процесса принадлежит протеазе, гидролизующей белковые соединения, которыми богаты бобовые культуры. На основании экспериментальных данных строили график зависимости, активность протеазы A (мЕ/г) от продолжительности проращивания t (сут) зерна бобовых культур. Представленная диаграмма (рисунок 1) характеризует активность ферментации белкового комплекса бобовых культур протеазой.

Представленная диаграмма свидетельствует о том, что увеличение сроков проращивания зерна бобовых культур, в результате активного гидролиза пептидных связей в белке, приводит к ускорению процесса ферментации - активности протеазы, образуя пептоны, полипептиды и свободные аминокислоты.

Анализ представленной диаграммы показал, что в результате адсорбции влаги зерновой массой активность протеазы незначительно увеличивается на вторые сутки проращивания бобовых культур, достигая значений 0,12 мЕ/г у гороха, 0,22 мЕ/г - соя и 0,34 мЕ/г у нута. На третий день наблюдали устойчивый рост активности протеазы у зерна сои и нута, которое составило 0,34 и 0,57 мЕ/г соответственно. Активность протеазы гороха характеризуется замедленным увеличением значений - 0,15 мЕ/г. Взрывной рост активности протеазы наблюдали на четвертый день проращивания зерна бобовых культур. В результате чего достигнуто максимальное значение активности протеазы до 0,63 мЕ/г - у нута; 0,62 мЕ/г у сои и 0,21 мЕ/г - горох. На пятые сутки достигается максимальный порог активности протеазы у зерна сои - 0,78 мЕ/г, при этом значения A у зерна гороха продолжила рост до 0,54 мЕ/г, а у зерна нута наблюдали затухание процесса ферментации, в результате значения активности протеазы снизились до 0,61 мЕ/г. Шестой день проращивания свидетельствует о снижении активности протеазы у зерна сои и нута, что составило 0,75 и 0,57 мЕ/г соответственно. И только активность протеазы у зерна гороха продолжила рост значений, достигнув максимальных значений 0,79 мЕ/г. Устойчивое снижение значений активности протеазы наблюдали на седьмой и восьмой день, и дальнейшее увеличение сроков проращивания проводило к затуханию активности амилазы.

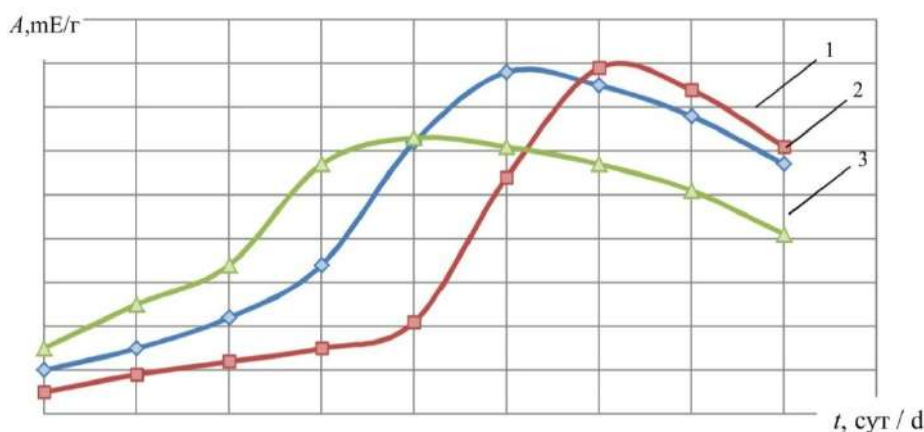


Рисунок 1 – Активность протеазы при проращивании зерне зернобобовых культур
1 - горох; 2 - соя; 3 - нут

Figure 1 – Protease activity during germination of leguminous crops
1 - peas; 2 - soybeans; 3 - chickpeas

Далее изучали изменения аминокислотного состава объектов исследования в зависимости от сроков проращивания. На рисунках 2-4 представлена диаграмма изменения состава заменимых и незаменимых аминокислот пророщенного зерна бобовых культур. Определение массовой доли аминокислот проводили в соответствии с М-04-

38-2009 "Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель".

На рисунке 2 представлена диаграмма изменения аминокислотного состава пророщенного зерна гороха сорт "Аксары" в зависимости от сроков его проращивания. В результате проведенных исследований установлено, что в зерне гороха до проращивания и после проращивания имеется большинство заменимых и незаменимых аминокислот, при этом общая массовая доля аминокислот в исходном зерне составила 13,023 %. При увеличении сроков проращивания наблюдали увеличение значений до 21,786 % на вторые сутки проращивания. Дальнейшее увеличение сроков проращивания зерна гороха до четырех суток, согласно протоколам испытаний, снижает общую массовую долю аминокислот до 13,108 %. В результате проращивания объекта исследования до шести суток, общая массовая доля аминокислот увеличилась на 0,345% и составила 28,515 %. При этом наблюдали, что максимальные значения массовой доли аминокислот приходятся на вторые и восьмые сутки.

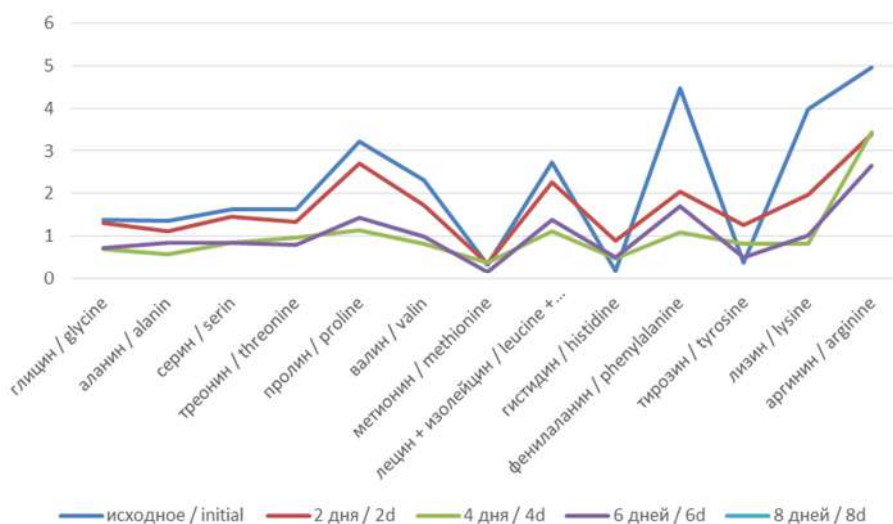


Рисунок 2 – Структура аминокислотного состава пророщенного зерна гороха сорт "Аксары"

Figure 2 – Structure of amino acid composition of sprouted pea grain variety "Aksary"

Изучили структуру аминокислотного состава в разрезе заменимых и незаменимых аминокислот, которая складывается следующим образом. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Анализ представленной таблицы 1 показал, что пропорциональное увеличение сроков проращивания зерна гороха с 2 дней до 8 дней изменяет структуру аминокислотного состава, что приводит к волнообразному изменению массовой доли и концентрации заменимых и незаменимых аминокислот.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения аминокислотного состава пророщенных семян сои сорта "Ивушка" в зависимости от сроков его проращивания.

Анализ представленной диаграммы показал, что в первые дни проращивания общая массовая доля аминокислотного состава снижается до минимальных значений на четвертые сутки проращивания – 11,115 %, однако на пятые сутки проращивания наблюдается взрывной рост концентрации аминокислот, достигая максимальных значений на шестые сутки – 19,492 %, после чего, наблюдали активное снижение концентрации и массовой доли заменимых и незаменимых аминокислот до 11,429 % на восьмые сутки проращивания.

Таблица 1 – Структура аминокислотного состава пророщенного зерна гороха сорт "Аксары"

Table 1 – Structure of amino acid composition of sprouted pea grain "Aksary" variety

№	Наименование аминокислот	Общая массовая доля и концентрация аминокислотного состава, %/(мг/л)				
		исходное	2 дня	4 дня	6 дней	8 дней
Заменимые аминокислоты						
1	Аргинин	3,496/270	3,394/150	3,449/240	2,647/140	4,965/200
2	Аланин	0,647/50	1,109/49	0,575/40	0,832/44	1,365/55
3	Гистидин	0,531/41	0,882/39	0,46/32	0,492/26	0,164/6,6
4	Глицин	0,621/48	1,312/58	0,69/48	0,718/38	1,39/56
5	Пролин	1,036/80	2,715/120	1,135/79	1,418/75	3,227/130
6	Серин	0,803/62	1,448/64	0,834/58	0,832/44	1,614/65
7	Тирозин	0,505/39	1,267/56	0,805/56	0,492/26	0,372/15
Незаменимые аминокислоты						
8	Валин	0,777/60	1,719/76	0,819/57	0,983/52	2,309/93
9	Лизин	0,945/73	1,968/87	0,819/57	1,021/54	3,972/160
10	Лейцин + изолейцин	1,152/89	2,262/100	1,107/77	1,38/73	2,731/110
11	Метионин	0,05/3,9	0,339/15	0,374/26	0,142/7,5	0,323/13
12	Треонин	0,647/50	1,335/59	0,949/66	0,794/42	1,614/65
13	Фенилаланин	1,813/140	2,036/90	1,092/76	1,702/90	4,469/180

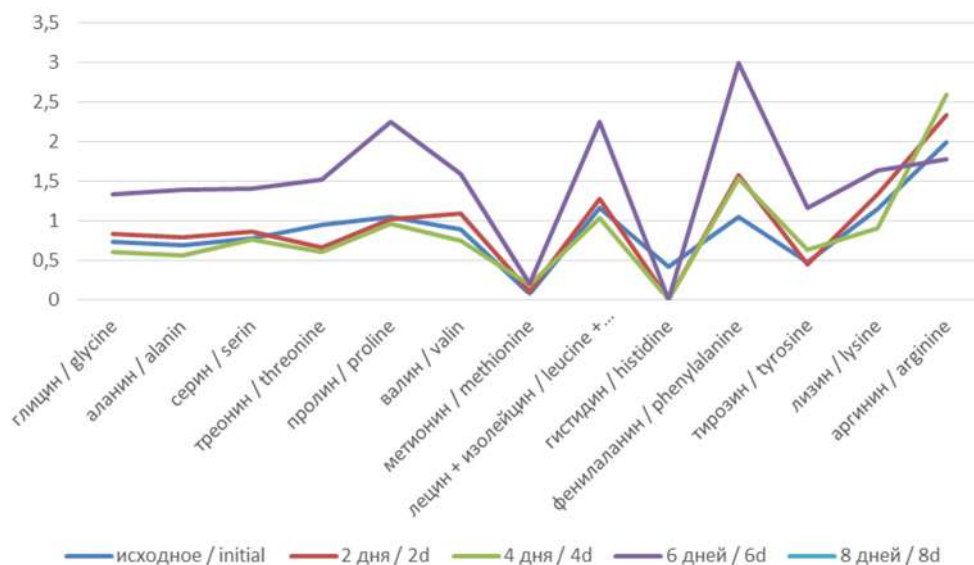


Рисунок 3 – Аминокислотный состав пророщенного зерна сои сорта "Ивушка"

Figure 3 – Amino acid composition of sprouted soybean grain of the "Ivushka" variety

Изучили структуру аминокислотного состава в разрезе заменимых и незаменимых аминокислот, которая складывается следующим образом. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Анализ представленной таблицы 2 показал, что максимальные значения массовой доли и концентрации из заменимых аминокислот приходятся на аргинин, содержание которого достигает 3,855 %/230 мг/л в исходном зерне и 2,599 %/170 мг/л на четвертый день проращивания. Из незаменимых аминокислот максимальные значения в исходном сырье соответствуют "лейцин+изолейцин" и лизину, что составило 1,676 %/100 мг/л и 1,24 %/74 мг/л соответственно. А при проращивании на шестой день содержание этих незаменимых кислот составило 2,247 %/12 мг/л и 1,629 %/87 мг/л.

Таблица 2 - Структура аминокислотного состава пророщенного зерна сои сорта "Ивушка"

Table 2 - Structure of amino acid composition of sprouted soybean grain of the "Ivushka" variety

№	Наименование аминокислот	Общая массовая доля и концентрация аминокислотного состава, %/(мг/л)				
		исходное	2 дня	4 дня	6 дней	8 дней
Заменимые аминокислоты						
1	Аргинин	3,855/230	2,334/130	2,599/170	1,779/95	1,99/140
2	Аланин	0,872/52	0,79/44	0,566/37	1,386/74	0,696/49
3	Гистидин	0,235/14	-	-	-	0,412/29
4	Глицин	0,905/54	0,826/46	0,596/39	1,329/71	0,739/52
5	Пролин	1,844/110	1,024/57	0,963/63	2,247/120	1,052/74
6	Серин	1,056/63	0,862/48	0,765/50	1,404/75	0,782/55
7	Тирозин	1,09/65	0,449/25	0,627/41	1,161/62	0,469/33
Незаменимые аминокислоты						
8	Валин	0,989/59	1,095/61	0,749/49	1,591/85	0,895/63
9	Лизин	1,24/74	1,329/74	0,902/59	1,629/87	1,151/81
10	Лейцин + изолейцин	1,676/100	1,275/71	1,04/68	2,247/120	1,165/82
11	Метионин	0,039/2,3	0,095/5,3	0,183/12	0,206/11	0,074/5,2
12	Треонин	0,922/55	0,664/37	0,596/39	1,517/81	0,952/67
13	Фенилаланин	3,017/180	1,58/88	1,529/100	2,996/160	1,052/74

На рисунке 4 представлена диаграмма изменения аминокислотного состава пророщенных семян нута сорта "Сэтти" в зависимости от сроков его проращивания.

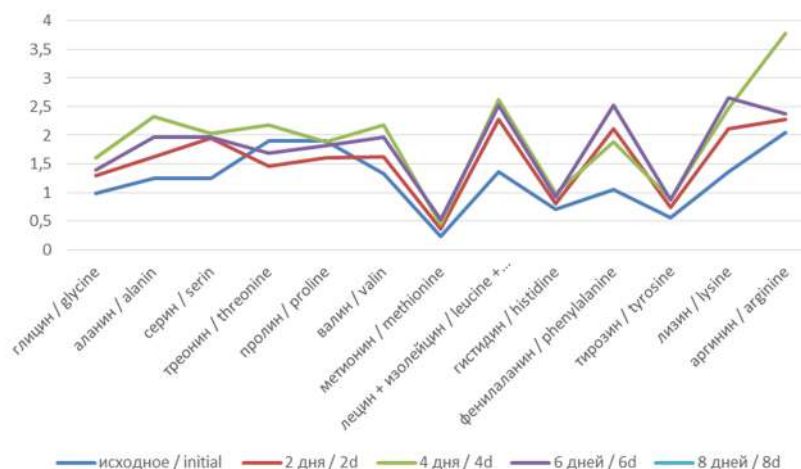


Рисунок 4 - Аминокислотный состав пророщенного зерна нута сорта "Сэтти"

Figure 4 - Amino acid composition of sprouted chickpeas of the variety "Satti"

Анализ представленной диаграммы показал, что исходное зерно нута содержит больше аминокислот, чем содержание аминокислот при проращивании. Так, например, общая массовая доля аминокислот в исходном сырье составило 30,26 %, а на второй день проращивания снижается до 20,286 %. После чего на четвертые сутки проращивания массовая доля аминокислот повышается до 25,299 %. Дальнейшее увеличение сроков проращивания семян нута сорта "Сэтти" приводит к снижению общей массовой доли аминокислот, что можно объяснить начавшимся процессом разрушения белкового состава, сопровождающимся зловонным запахом.

Изучили структуру аминокислотного состава в разрезе заменимых и незаменимых аминокислот, которая складывается следующим образом. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Структура аминокислотного состава пророщенного зерна нута сорта "Сэтти"

Table 3 - Structure of amino acid composition of sprouted chickpeas of the variety "Satti"

№	Наименование аминокислот	Общая массовая доля и концентрация аминокислотного состава, %/(мг/л)				
		Исходное	2 дня	4 дня	6 дней	8 дней
Заменимые аминокислоты						
1	Аргинин	4,438/280	2,283/140	3,783/260	2,382/170	2,041/150
2	Аланин	2,219/140	1,631/100	2,328/160	1,962/140	1,252/92
3	Гистидин	1,157/73	0,799/49	0,989/68	0,911/65	0,707/52
4	Глицин	1,902/120	1,288/79	1,6/110	1,401/100	0,979/72
5	Пролин	2,695/170	1,614/99	1,891/130	1,822/130	1,905/140
6	Серин	2,536/160	1,957/120	2,037/140	1,962/140	1,252/92
7	Тирозин	1,585/100	0,734/45	0,888/61	0,869/62	0,558/41
Незаменимые аминокислоты						
8	Валин	2,536/160	1,631/100	2,182/150	1,962/140	1,32/97
9	Лизин	2,378/150	2,12/130	2,473/170	2,663/190	1,36/100
10	Лейцин + изолейцин	3,329/210	2,283/140	2,619/180	2,522/180	1,36/100
11	Метионин	0,729/46	0,359/22	0,436/30	0,533/38	0,231/17
12	Треонин	2,061/130	1,467/90	2,182/150	1,682/120	1,905/140
13	Фенилаланин	2,695/170	2,12/130	1,891/130	2,522/180	1,047/77

Анализ данных, представленных в таблице 3, показал, что при высокой массовой доле и концентрации заменимых и незаменимых аминокислот в исходном сырье наблюдаем резкое снижение значений на вторые сутки проращивания. Дальнейшее увеличение сроков проращивания зерна нута сорта "Сэтти" до четырех суток привело к незначительному увеличению значений массовой доли и концентрации заменимых и незаменимых аминокислот.

Выводы. В результате проделанной работы изучен процесс ферментации белкового комплекса зернобобовых культур протеазой при проращивании. Установлено, что ферменты протеазы значительно изменяют качественную характеристику белкового комплекса, снижая значения массовой доли и концентрации аминокислотного состава. При этом для дальнейших исследований за оптимальное время проращивания принимали тот период времени проращивания, при котором значения массовой доли аминокислотного состава было максимально.

Библиографический список

1. Бакаева Н. П. Белково-протеазный комплекс зерна в агротехнологии озимой пшеницы при применении минеральных и органических удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 71-76.
2. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности кормопроизводстве / Д. В. Гришин, О. В. Подобед, Ю. А. Гладилина, Б. В. Покровская, С. С. Александрова, В. С. Покровский, Н. Н. Соколов // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 19-31.
3. Воробьева Н. Е., Мазина М. Ю. Регуляторы элонгации и архитектурные белки – новые участники транскрипции генов эукариот // Генетика. 2021. Т. 57. № 7. С. 737-751.
4. Гурьева К. Б., Хаба Н. А., Корнева О. С. Мониторинг белкового комплекса пшеницы при долгосрочном хранении // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2020. № 14. С. 91-104.
5. Зарубин Н. Ю., Строкова Н. Г., Бредихина М. И. Новый полифункциональный комплекс для мясных продуктов // Мясная индустрия. 2019. № 11. С. 41-45.
6. Зверев С. В., Бондаренко Ю. В., Глухова Е. В. Использование смесей на базе зерна бобовых культур в хлебопекарной отрасли // Хлебопродукты. 2021. № 10. С. 36-40.

7. Комплексы LH2 (B800-850 и B800-830) собираются в клетках серной бактерии *Thiorhodospira sibirica*, штамм Kir 3, без каротиноидов / М. А. Большаков, А. А. Ашихмин, З. К. Махнева, А. А. Москаленко // Доклады Академии наук. 2019. Т. 487. № 6. С. 701-705.
8. Пашенко Л. П., Курчаева Е. Е., Бахмет М. П. Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 2-3. С. 84-87.
9. Романовский М. А., Тарасов В. С., Гусак Е. С. Устройство для измельчения зерна бобовых культур в замоченном виде // Проблемы научной мысли. 2017. Т. 10. № 2. С. 052-056.
10. Уколова И. В., Кондратов И. Г., Кондакова М. А. Митохондриальный комплексом этиолированных побегов гороха // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 4 (39). С. 570-580.
11. Урожайность зерна и выход переваримого протеина бобовых культур в сухой степи Республики Хакасия / А. Н. Кадычegov, А. В. Агулин, А. А. Шульбаева, В. А. Кадычegov // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. 2021. № 4 (38). С. 56-59.
12. Шелепина Н. В. Особенности экспертизы качества пищевых продуктов функционального назначения на основе продуктов переработки зерна бобовых культур // Вестник ОрелГИЭТ. 2020. № 3 (53). С. 87-93.

Информация об авторах

Молдакаримов Алмаз Абилхаирович, магистр, инженер Астанинского филиала, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Ph.D.-докторант кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств» АО «Алматинский технологический университет» г. Алматы (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: mister_almaz89@mail.ru

Муслимов Нуржан Жумартович, доктор технических наук, член-корр. АСХН, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (050060, Республика Казахстан, Западно-Казахстанская область, г. Алматы, ул. пр. Гагарина, 238 «Г», e-mail: n.muslimov@inbox.ru

Далабаев Асхат Болатулы, магистр техники и технологии, научный сотрудник Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Тимурбекова Айгуль Кулахметовна, кандидат технических наук, ассоц.профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» (050010, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Проспект Абая 8), e-mail: timurbekova_aigul@mail.ru

Садиев Абилхан Килибаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и биотехнология производства и переработки пищевых продуктов», НАО «Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати» (080000, Республика Казахстан, г. Тараз, ул. Сатпаева 28), e-mail: asadibayev@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-29

EFFECT OF BIO STIMULANTS OF STIMAX SERIES ON INCREASING THE GERMINATION OF TOBACCO SEEDS, SEEDLING QUALITY, CROP-FORMING ELEMENTS AND THE CHEMICAL COMPOSITION OF TOBACCO RAW MATERIALS

E. M. Tyutyunnikova T. V. Plotnikova

«All-Russian Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products», Krasnodar

Received 28.06.2022

Submitted 31.08.2022

Summary

The influence of biostimulants of the Stimax series was studied on the germination of tobacco seeds, biometric indicators of seedlings, yield and chemical composition of raw tobacco.

Abstract

Introduction. In conditions of energy saving, it is advisable to use biostimulants with high physiological and fungicidal activity when growing tobacco seedlings. **Object.** The studies were carried out at the «All-Russian Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products» (2020 - 2021). Tobacco

variety *Sheptalsky 63*, seeds, tobacco plants, biostimulants of the Stimax series (for seeds) and Stimax Universal (for foliar feeding). **Materials and methods.** Before sowing, the seeds were soaked in effective concentrations of the Stimax stimulant (for seeds) - 0.01% (1 hour); 0.05% (6 hours); 0.0001% (12 hours). Foliar spraying with Stimax Universal stimulator was carried out in the phases of plant development «ears» and «suitable for planting». Background experience in the greenhouse $N_{35}P_{30}K_{35}$. In the field, the experiment was laid in accordance with the greenhouse experiment. **Results and conclusions.** Growth stimulator Stimax when soaking tobacco seeds (at a concentration of 0.05% at an exposure of 6 hours) increased the weight of seedlings by 48%. Sowing with treated seeds and double treatment of tobacco plants with Stimax Universal (0.05%), carried out in the main phases of development «ears» and «suitable for planting», increased the quality of seedlings. Plant length increased by 18-49%, stem diameter increased by 32%, fresh weight of stems and roots by 93% and 92%. The number of seedlings suitable for planting increased by 42%. From the foliar application of the preparation by the method of irrigation Stimax Universal (0.05%), an increase in the nutrient mixture of the greenhouse in the content of nitrogen in the ammonium and nitrate forms by 7% and 59% was found. The nitrifying ability of the root zone substrate increased by 80%, the intensity of fiber decomposition by 29%, and the release of carbon dioxide by the soil by 34%. Planted tobacco plants treated with Stimax differed in leaf area by 27% and yield by 26%. The Stimax stimulator increased the process of dry matter accumulation by leaves by 35%. An increase in the quality of the obtained tobacco raw materials was determined.

Keywords: tobacco, tobacco seeds, tobacco seedlings, tobacco yield, biostimulator *Stimax*.

Citation. Tyutyunnikova E.M., Plotnikova T.V. Influence of bio stimulants of the Stimax series on increasing the germination of tobacco seeds, seedlings quality, crop-forming elements and the chemical composition of tobacco raw materials. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 251-262 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-29.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 633.71:631.811.98

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ СЕРИИ СТИМАКС НА ПОВЫШЕНИЕ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ТАБАКА, КАЧЕСТВО РАССАДЫ, УРОЖАЕОБРАЗУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТАБАЧНОГО СЫРЬЯ

Е. М. Тютюнникова

Т. В. Плотникова, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки
и табачных изделий (ФГБНУ ВНИИТТИ), г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 28.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Актуальность. В условиях энергосбережения при выращивании рассады табака целесообразно применять биостимуляторы с высокой физиологической и фунгицидной активностью. **Объект.** Исследования проводили на базе ВНИИТТИ (2020 – 2021 гг.) Сорт табака Шептальский 63, семена, табачные растения, биостимуляторы серии Stimax (для семян) и Stimax Универсал (для внекорневой подкормки). **Материалы и методы.** Перед высевом семена замачивали в эффективных концентрациях стимулятора Stimax (для семян) – 0,01 % (1 час); 0,05 % (6 часов); 0,0001 % (12 часов). Внекорневое опрыскивание стимулятором Stimax Универсал проводили в фазы развития растений «ушки» и «годная к высадке рассада». Фон опыта в парнике $N_{35}P_{30}K_{35}$. В поле опыт закладывали в соответствии с парниковым опытом. **Результаты и выводы.** Стимулятор роста Stimax при замачивании семян табака (в концентрации 0,05% при

экспозиции 6 часов) увеличил массу проростков на 48 %. Посев обработанными семенами и двукратная обработка растений табака препаратом Stimax Универсал (0,05 %), проведенная в основные фазы развития «ушки» и «годная к высадке», повысила показатели качества рассады. Длина растений выросла на 18-49 %, диаметр стебля увеличился на 32 %, сырая масса стеблей и корней – на 93 % и 92 %. Количество годной к высадке рассады увеличилось на 42 %. От внекорневого внесения препарата методом полива Stimax Универсал (0,05 %) установлено повышение в питательной смеси парника содержания азота в аммонийной и нитратной формах на 7 % и 59 %. Нитрифицирующая способность субстрата прикорневой зоны увеличилась на 80 %, интенсивность разложения клетчатки на 29 %, выделение почвой углекислого газа на 34 %. Высаженные растения табака с обработкой препаратом Stimax различались по площади листьев на 27 % и урожайности на 26 %. Стимулятор Stimax усилил процесс накопления листьями сухого вещества на 35 %. Определено повышение качества полученного табачного сырья.

Ключевые слова: табак, семена табака, рассада табака, урожайность табака, биостимулятор Stimax.

Цитирование. Тютюнникова Е. М., Плотникова Т. В. Влияние биостимуляторов серии Стимакс на повышение всхожести семян табака, качество рассады, урожаеобразующие элементы и химический состав табачного сырья. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 251-262. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-29.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. В настоящее время в связи с обострением экономических, биоэнергетических и экологических проблем альтернативой комплексному применению средств защиты растений и удобрений могут служить современные биостимуляторы, обладающие широким спектром действия. Особенностью данных препаратов является то, что они интенсифицируют физиолого-биохимические процессы в растениях и одновременно повышают устойчивость к стрессам, в том числе к патогенам, вызывающим болезни. Высокая физиологическая и фунгицидная активность новой группы биостимуляторов проявляется в низких концентрациях, что не оказывает вредного влияния на почву и окружающую среду [1, 9, 10]. Кроме того, биостимуляторы предназначены для применения в растениеводстве с целью увеличения продуктивности культурных растений и улучшения качества урожая [8].

К вышеупомянутой группе биостимуляторов относятся препараты серии Stimax (компания «MERISTEM»), изготовленные на основе экстракта морских водорослей *Ascophyllum nodosum*. В составе препаратов Stimax (для семян) и Stimax Универсал (для внекорневой подкормки) содержатся свободные аминокислоты и полисахариды, а также макро- и микроэлементы (азот, фосфор, калий, бор, железо, цинк).

Известно, что при применении препарата серии Stimax (марка Старт) в виде некорневых подкормок растений перца сладкого улучшаются ростовые и формообразовательные процессы, повышается урожайность и качество плодов, высота растений увеличивается на 2,4-6,7 см, площадь листьев – на 72,8-188,9 см², прирост по сырой и сухой массе на растение достигает 2,18-11,89 г [4]. Препарат Stimax марки Универсал, вносимый путем корневой подкормки на культуре огурца в фазу активного роста на защищенном грунте (3 л/га), улучшает рост и развитие растений, качество плодов и обеспечивает увеличение урожайности огурца на 4,3 кг/м² (17,6 %) (Чернышов В. В., 2007). Отмечено повышение энергии прорастания, лабораторной всхожести и урожайности ярового ячменя при предпосевной обработке семенного материала и вегетирующе-

щих растений биостимулятором Stimax Старт [6]. Использование препарата Стимакс для семян при проведении предпосевной обработки семян озимой пшеницы способствует достоверному (на 0,54 т/га или 12,4 %) повышению урожайности зерна [3]. Установлено стимулирующее влияние препарата Стимакс старт на корнеобразовательную способность черенков винограда [7].

Табак в отношении применения ростостимулирующих препаратов – культура очень отзывчивая. В результате обработки биостимуляторами семенные проростки табака становятся более развитыми, дают дружные всходы и быстрее адаптируются к условиям прорастания. Что касается рассады, то она после контакта с данными препаратами оказывается более крепкой и устойчивой к болезням, активно образует корневую систему, легче переносит пересадку и быстрее приспосабливается к полевым условиям, что неоднократно доказано на практике [5].

Целью данных исследований являлось определение влияния биостимуляторов Stimax на посевные свойства семян табака, качество и выход стандартной рассады, урожайность и химический состав табачного сырья для применения в технологии выращивания табака.

Материалы и методы. Научно-исследовательскую работу проводили на базе ВНИИТТИ (2020-2021 гг.). Материалом для исследований являлся перспективный сорт табака Шептальский 63, семена, табачные растения, биостимуляторы, соответствующее лабораторное оборудование. Лабораторный опыт с использованием стимулятора Stimax закладывали в широком диапазоне концентраций: 1 %; 0,1 %; 0,01 %; 0,001 %; 0,0001 %, 0,00001 %; 0,5 %; 0,05 %; 0,005 %; 0,0005 %, 0,0005 % с различным временем экспозиций семян (время нахождения семян в растворе) – 1 час, 6 часов и 12 часов. Контролем служили семена, замоченные в воде. Отвешенные на порции семена (по 100 шт.) помещали в тканевые мешочки и погружали в водный раствор стимулятора роста Stimax. Обработанные табачные семена извлекали из раствора, подсушивали и размещали в чашках Петри для дальнейшего проращивания при температуре +27-29 °С. Эффективность предпосевного замачивания определяли через 12 суток методом взвешивания проростков согласно Методическому руководству по изучению эффективности применения регуляторов роста растений при проращивании семян табака (2013).

Парниковый опыт заложен на субстрате с достаточной обеспеченностью основными питательными элементами ($N_{35}P_{30}K_{35}$ – 50 % от оптимально необходимого содержания). Данный фон образуется автоматически при соблюдении рекомендаций, а именно при ежегодной смене питательной смеси, либо с помощью доведения минеральных удобрений на несменяемом питательном субстрате [2]. Перед высевом семена замачивали в концентрациях стимулятора, показавших наиболее эффективные результаты: Stimax (для семян) – 0,01 % (1 час); 0,05 % (6 часов); 0,0001 % (12 часов). Пророщенные семена высевали в парники из расчёта 0,3 г/м², площадь учётной делянки – 1 м², повторность опыта – четырехкратная. Внекорневое опрыскивание стимулятором роста Stimax Универсал проводили в основные фазы развития растений «ушки» и «годная к высадке рассада» в вышеуказанных концентрациях. По окончании рассадного периода определяли на 25 растениях с каждой делянки опыта биометрические показатели. Учитывали выход стандартной рассады с 1 м² парниковой площади (Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках, 2013).

Для установления влияния вносимого препарата Stimax Универсал на питательную смесь рассадника через 30 суток после двух обработок препаратом определяли содержание азота в аммонийной и нитратной формах по методу Мещерякова (1972), подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – по методу Чирикова (ГОСТ

26204-91, 1993). Нитрифицирующую способность смеси определяли по методу Кравцова (1984), целлюлозоразрушающую активность – по методу Федорова (1991), интенсивность дыхания – по методу Штатнова (2001).

Полевые опыты закладывали на опытно-селекционном участке института. Почва – западно-предкавказский чернозём выщелоченный с содержанием основных питательных веществ: NH_4 – 2,2 мг, NO_3 – 5,0 мг, P_2O_5 – 5,5 мг и K_2O – мг/100 г почвы. Повторность опыта – четырёхкратная, густота стояния растений – 70 х 25 см. Растения табака высаживали в соответствии со схемой парникового опыта. Для установления пролонгированного эффекта качественной рассады, полученной от совместного использования стимуляторов роста Stimax и Stimax Универсал, в полевой период определяли высоту растений через 30 суток после посадки, в фазу интенсивного роста (через 60 суток) и в период цветения 75-80 % растений, площадь листьев среднего яруса, урожайность (Методическое руководство по проведению полевых агротехнических опытов с табаком (*Nicotiana tabacum* L.), 2011). Материальность табачных листьев рассчитывали методом отбора проб с листьев среднего яруса растений с последующим высушиванием согласно методике (Метод определения сухого вещества в листьях в период уборки, 1978).

В лаборатории химии и контроля качества ВНИИТТИ определяли химический состав сырья: содержание никотина, белков и углеводов. Для оценки достоверности полученных данных использовали методы статистической обработки результатов по Доспехову Б. А. (1985).

Метеорологические условия в течение вегетационных периодов в годы проведения исследований оказались различными. Процесс выращивания рассады табака осуществлялся в марте – мае. По температурному режиму эти месяцы были теплее средней многолетней нормы, что способствовало дружному появлению всходов табака и активному росту рассады. При высадке растений табака в поле в 2020 г. они испытывали серьёзный стресс, связанный с недостаточной влажностью почвы, так как осадков за этот период (июнь) выпало на -44,1 мм меньше среднемноголетней нормы. В июле отмечен избыток влаги на +98,1 мм, влажные условия активизировали рост табака. Погодные условия 2021 г. можно охарактеризовать по температурному режиму и по количеству выпавших осадков как благоприятные для роста табака. Август отмечен засушливым и жарким, что ускорило созревание табачных листьев. Несмотря на различия в погодных условиях в годы проведения экспериментов, был получен высокий и качественный урожай табачного сырья.

Результаты и обсуждение. В лабораторных опытах оценивали влияние биостимулятора Stimax на массу проростков семян табака. Наибольшее значение (0,1642 г) установлено в варианте опыта с использованием препарата в концентрации 0,05 % и времени замачивания семян в течение 6 часов (рисунок 1).

Здесь масса проростков по сравнению с контрольным вариантом увеличилась на 48 %. Следующая по эффективности выделилась концентрация препарата 0,0001 % при экспозиции 12 часов. Биостимулятор повысил указанный показатель на 42 %. Раствор препарата Stimax в концентрации 0,01 % (1 час) увеличил массу проростков на 41 %.

Наблюдая за ростом и развитием табачной рассады в парниковом опыте, можем сказать, что биометрические параметры растений являются важным показателем эффективности биостимулятора [11]. Проведя соответствующие измерения «годных к высадке» в полевые условия растений, определили, что препараты серии Stimax при использовании по схеме: замачивание табачных семян в концентрации препарата Stimax 0,05 % в течение 6 часов и внекорневая обработка табачной рассады в фазы «ушки» и «годная к высадке» препаратом Stimax Универсал в концентрации 0,05 %, оказывают

значительное влияние на изучаемые показатели качества рассады. При этом увеличивается число листьев на растении в сравнении с вариантом без обработки на 12 %, длина рассады от корневой шейки до точки роста на 49 %, до конца вытянутых листьев на 18 %, диаметр стебля растений у корневой шейки на 32 %, масса стеблей и корней 25 растений повышается на 93 % и 92 % соответственно (таблица 1).

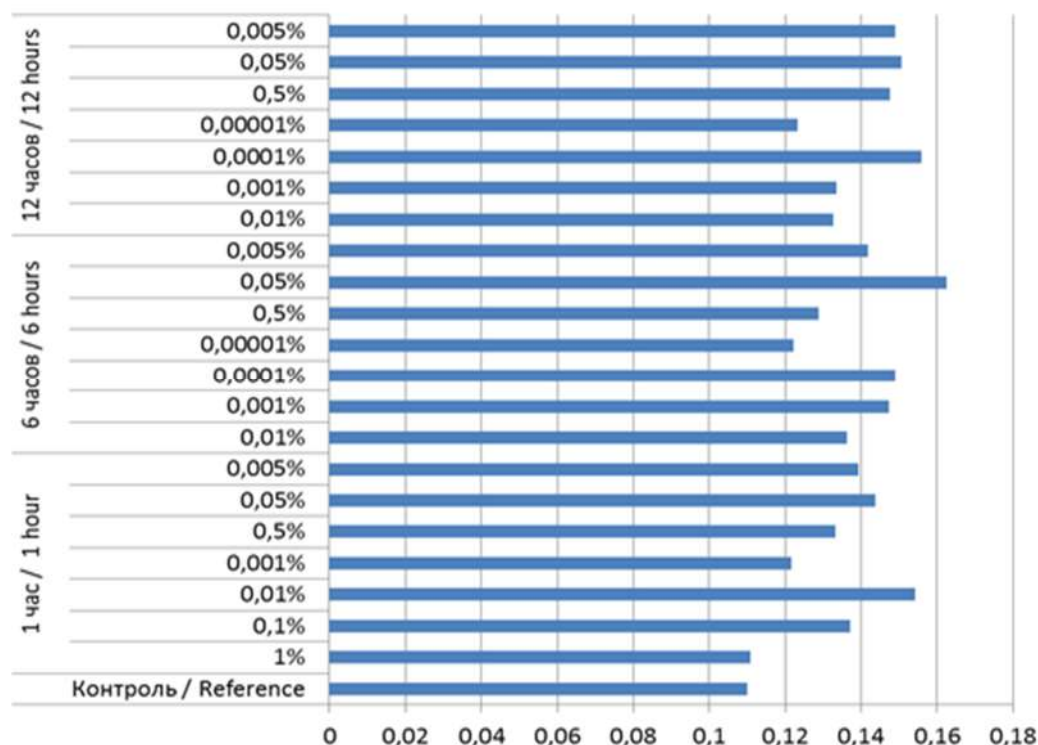


Рисунок 1 – Влияние стимулятора роста растений Stimax на массу проростков (г) при предпосевной обработке семян табака в растворах различной концентрации ($HCP_{05} = 0,0339$), 2020 г.

Figure 1 – Effect of growth stimulator Stimax on germs mass after (g) before sowing seeds treatment with solutions of different concentrations ($LSD_{05} = 0.0339$), 2020 year

Важным критерием эффективности действия стимулятора роста является его влияние на количественный выход стандартной рассады табака с единицы парниковой площади. Выделившийся вариант опыта, где использовали препарат Stimax для замачивания семян в растворе 0,05 % (6 ч) и двукратной обработки рассады препаратом Stimax Универсал (0,05 %) в фазы «ушки» и «годная к высадке рассада», выход стандартной рассады увеличился на 292 растения или 42 % (рисунок 2). Достоверные значения по выходу качественной рассады отмечены и при использовании препарата в концентрации 0,0001 % по вышеописанной схеме, а также при предпосевной обработке и однократном опрыскивании рассады в фазу «ушки» в концентрации 0,05 % и 0,0001 %.

Кроме ростстимулирующего влияния на табачную рассаду, препарат способствовал поддержанию питательной смеси на достаточно высоком уровне по агрохимическому и биологическому состоянию, что является дополнительным положительным эффектом. Лучшие показатели также отмечены в варианте при использовании препаратов по схеме с обработкой семян 0,05 % раствором Stimax в течение 6 часов и опрыскивание рассады табака в фазы «ушки» и «годная к высадке рассада» 0,05 % раствором стимулятором Stimax Универсал. Содержание азота в питательной смеси этого варианта в аммонийной и нит-

ратной формах повысилось в сравнении с вариантом без обработки на 7 % и 59 % соответственно. Содержание подвижных форм фосфора возросло на 41 %, обменного калия на 39 %. Определено и повышение биологической активности смеси в рассаднике. Так, нитрифицирующая способность увеличилась на 80 %, а благодаря оживлению деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов с применением стимуляторов, интенсивность разложения клетчатки увеличилась на 29 % и, следовательно, повысилось выделение почвой углекислого газа в сравнении с контролем на 34 %.

Таблица 1 – Влияние стимуляторов роста Stimax и Stimax Универсал на качество рассады табака (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 1 – Effect of growth stimulator Stimax and Stimax Universal on seedling quality (average for 2020-2021 years)

Вариант / Variant	Высота растений, см / Plant height, cm		Диаметр стебля у кор- невой шейки, см / Stalk diameter at root collar, cm	Сырая масса, г/Wet weight, g	
	до точки роста/till growth point	до конца вытянутых листьев / till leaf tips		стеблей 25 растений / stalks of 25 plants	корней 25 расте- ний / roots of 25 plants
Вода/Water					
Контроль / reference	9,6	18,3	0,38	75,3	3,7
Stimax 0,01 % (1 ч) и Stimax Универсал 0,01 % / Stimax 0,01 % (1 hour) and Stimax Universal 0,01 %					
Семена / Seeds	10,2	20,4	0,34	119,1	4,4
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	10,1	20,5	0,40	125,1	4,9
Семена, «ушки» и «годная к вы- садке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	10,5	21,1	0,46	129,3	5,2
Stimax 0,05 % (6 ч) и Stimax Универсал 0,05 % / Stimax 0,05 % (6 hours) and Stimax Universal 0,05 %					
Семена / Seeds	10,2	19,5	0,44	130,2	4,9
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	9,9	19,9	0,45	142,0	6,0
Семена, «ушки» и «годная к вы- садке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	14,3	21,5	0,50	144,9	7,1
Stimax 0,0001 % (12 ч) и Stimax Универсал 0,0001 % / Stimax 0,0001 % (12 hours) and Stimax Universal 0,0001 %					
Семена/Seeds	11,1	21,7	0,48	125,2	4,7
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	12,5	22,5	0,49	138,0	6,2
Семена, «ушки» и «годная к вы- садке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	11,0	21,6	0,40	134,5	6,0
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,3	1,9	0,08	12,6	1,1

При внесении биостимулятора Stimax Универсал в парнике после пересадки рассады, выращенной с применением стимуляторов Stimax, опытные растения табака сорта Шептальский 63 имели лучшую приживаемость (98 %), чем растения в контроле (89 %), и дальнейшие наблюдения за ростом и развитием растений показали, что они оказались более высокорослыми, выровненными и крепкими.

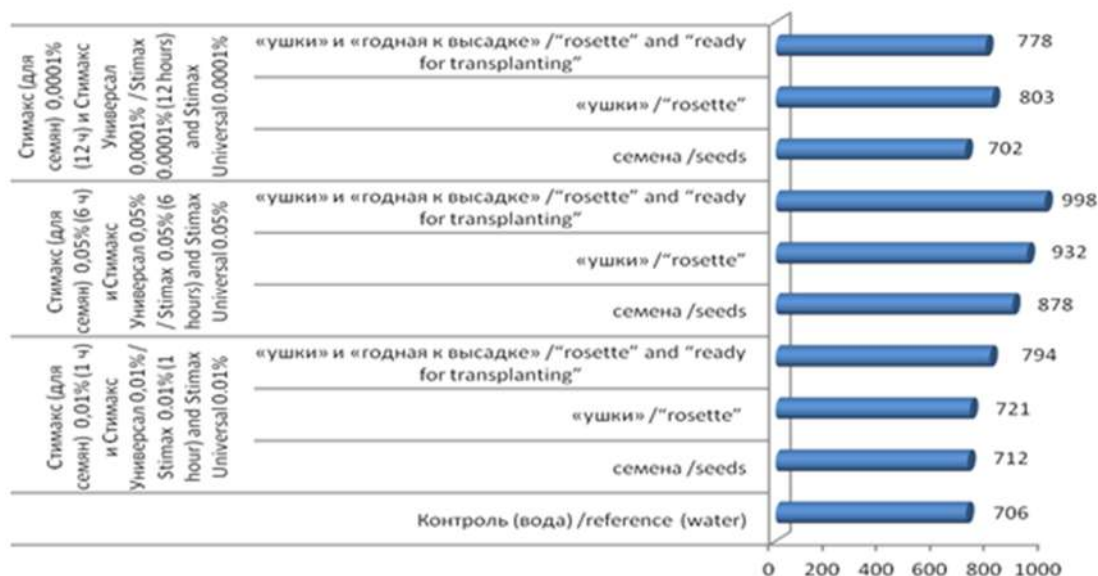


Рисунок 2 – Влияние стимуляторов Stimax и Stimax Универсал на выход стандартной рассады табака, шт./м² ($HCP_{05} = 36,8$) (среднее за 2020-2021 гг.)

Figure 2 – Effect of growth stimulator Stimax and Stimax Universal on standard seedling output, pcs/m² ($LSD_{05} = 36.8$) (average for 2020-2021 years)

Как видно из данных, представленных в таблице 2, высота опытных растений уже на 30 сутки после посадки на выделившемся варианте опыта превышала контроль на 42 %. В период интенсивного роста, усиленного накоплениями вегетативной массы растениями, и в фазу цветения разница в высоте между опытными и контрольными растениями заметно снижалась, но, тем не менее, прослеживался пролонгированный эффект качественной рассады, который в среднем увеличил высоту табака в интенсивный рост на 27 % и к концу вегетации – на 11 %. Наибольшее значение площади листьев табака среднего яруса составило 564,4 см², что превысило данные контрольного варианта на 27 %. На остальных вариантах площадь листьев увеличилось от 4 до 24 %. Количество листьев на растении существенно отличалось от контрольного варианта. Максимальное количество листьев (повышение на 9 %) отмечено на варианте с применением препарата Stimax 0,05 % (6 ч) для обработки семян и Stimax Универсал 0,05 % для двукратного опрыскивания рассады.

Таблица 2 – Влияние стимуляторов роста Stimax и Stimax Универсал на продуктивность табака (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 2 – Effect of growth stimulator Stimax and Stimax Universal on tobacco productivity (average for 2020-2021 years)

Вариант / Variant	Высота растений, см / Plant height, cm			Количество листьев на растении, шт. / quantity of leaves on one plant, pcs	Площадь листовой поверхности, см² / Leaf area, cm²
	30-е сутки после посадки / 30 days after transplanting	фаза интенсивного роста / stage of intensive vegetation	фаза цветения / blossom stage		
1	2	3	4	5	6
Вода / water					
Контроль / Reference	12,1	74,0	120,7	33	447,0
Stimax 0,01 % (1 ч) и Stimax Универсал 0,01 % / Stimax 0,01 % (1 hour) and Stimax Universal 0,01 %					
Семена / Seeds	12,0	83,3	123,4	33	448,2

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	12,6	85,9	124,9	34	465,8
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	13,6	90,4	129,8	34	528,4
Stimax 0,05 % (6 ч) и Stimax Универсал 0,05 % / Stimax 0,05 % (6 hours) and Stimax Universal 0,05 %					
Семена / Seeds	12,7	84,9	125,5	34	508,4
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	14,8	87,6	128,9	34	538,2
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	17,1	93,6	133,5	36	564,4
Stimax 0,0001 % (12 ч) и Stimax Универсал 0,0001 % / Stimax 0.0001 % (12 hours) and Stimax Universal 0.0001 %					
Семена / Seeds	12,2	84,0	124,4	34	521,6
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	13,5	89,9	126,8	34	543,3
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	16,7	92,5	127,9	35	555,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	2,2	5,6	6,4	1,0	42,3

Помимо числа листьев на растении и их площади, показателями величины урожая является накопление сухого вещества (материальность) в листьях табака к окончанию его роста. Урожайность и материальность листьев под действием стимуляторов роста Stimax в той или иной степени выросли на всех опытных вариантах – на 4 % – 26 % и 7 % – 35 % соответственно. Самые высокие значения достигнуты с замачиванием семян табака в 0,05 %-ном растворе препарата Stimax и двукратным опрыскиванием рассады стимулятором Stimax Универсал. Урожайность табачных растений составила 34,8 ц/га, что на 26 % выше, чем на варианте без применения препаратов. Темпы накопления листьями сухого вещества возросли на 35 %, что говорит о существенном увеличении материальности (плотности) листовой пластинки (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние стимуляторов Stimax и Stimax Универсал на урожайность табака и накопление сухого вещества (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 3 – Effect of growth stimulator Stimax and Stimax Universal on tobacco productivity and dry matter accumulation (average for 2020-2021 years)

Вариант / Variant	Урожайность, ц/га / Productivity, c/ha	Количество сухого вещества в листьях после сушки, г/м ² / Leaf dry matter content after curing, g/m ²
1	2	3
Вода/Water		
Контроль / Reference	27,8	625,0
Stimax 0,01 % (1 ч) и Stimax Универсал 0,01 % / Stimax 0,01 % (1 hour) and Stimax Universal 0,01 %		
Семена / Seeds	28,9	666,8
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	30,6	698,5
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	31,2	708,4

Окончание таблицы 3

1	2	3
Stimax 0,05 % (6 ч) и Stimax Универсал 0,05 % / Stimax 0,05 % (6 hours) and Stimax Universal 0,05 %		
Семена / Seeds	31,0	675,4
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	32,9	811,2
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	34,8	839,2
Stimax 0,0001 % (12 ч) и Stimax Универсал 0,0001 % / Stimax 0.0001 % (12 hours) and Stimax Universal 0,0001 %		
Семена / Seeds	30,4	654,8
Семена и «ушки» / Seeds and “rosette”	31,7	678,9
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	32,8	690,3
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	2,2	58,5

Отмечено изменение химического состава табачного сырья при применении стимуляторов, от которого зависят курительные достоинства табака [12]. Химический состав табачного сырья сорта табака Шептальский 63 под влиянием стимулятора роста серии Stimax показал улучшение его курительных достоинств. Как видно из данных, приведенных в таблице 4, на варианте опыта с предпосевной обработкой семян Stimax (0,05 % при экспозиции 6 ч) и табачной рассады Stimax Универсал (0,05 %) наблюдается снижения содержания белка на 7 %. Высокое содержание белковой фракции в табачном сырье ухудшает курительные свойства табака, при курении чувствуется запах «жжёного пера». Увеличение количества углеводов в табачном сырье – положительный фактор, и изучаемые стимуляторы повысили этот показатель практически во всех вариантах опыта. При использовании стимуляторов по вышеуказанной схеме содержание углеводов в сырье выросло в 1,9 раза, или на 87 %. Число Шмука (углеводно-белковое соотношение), основной показатель качества сырья, приблизилось к единице (число Шмука от 1 до 3 – табачное сырьё является высококачественным) и повысилось в отношении контроля на 96 % – это положительный эффект, который прослеживается от замачивания семенного материала и пролонгированного эффекта качественной табачной рассады. Количество никотина (крепость сырья) возросло на 20 % на выделившемся варианте опыта.

Таблица 4 – Влияние стимуляторов Stimax и Stimax Универсал на химический состав табачного сырья, 2021 г.

Table 4 – Effect of growth stimulator Stimax and Stimax Universal on chemical composition of cured tobacco, 2021 year

Вариант / Variant	Содержание, % / Content, %			Число Шмука/Sh muk ratio
	никотина / nicotine	углеводов / carbohydrates	белков / proteins	
1	2	3	4	5
Вода / Water				
Контроль/Reference	2,0	2,2	5,1	0,44
Stimax 0,01 % (1 ч) и Stimax Универсал 0,01 % / Stimax 0,01 % (1 hour) and Stimax Universal 0,01 %				
Семена/Seeds	2,0	2,2	4,8	0,46
Семена и «ушки» /Seeds and “rosette”	2,1	2,3	5,1	0,45
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» /Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	2,2	2,8	6,9	0,41

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5
Stimax 0,05 % (6 ч) и Stimax Универсал 0,05 % / Stimax 0,05 % (6 hours) and Stimax Universal 0,05 %				
Семена/Seeds	2,2	3,0	4,5	0,67
Семена и «ушки» /Seeds and“rosette”	2,3	3,8	4,9	0,78
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	2,4	4,1	4,8	0,86
Stimax 0,0001 % (12 ч) и Stimax Универсал 0,0001 % / Stimax 0.0001 % (12 hours) and Stimax Universal 0.0001 %				
Семена/Seeds	2,2	2,3	4,6	0,50
Семена и «ушки» / Seeds and“rosette”	2,2	2,4	5,3	0,46
Семена, «ушки» и «годная к высадке рассада» / Seeds, “rosette” and “ready for transplanting”	2,3	2,6	4,9	0,53
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,1	0,3	0,2	-

Выводы. Оценка применения препарата Stimax (для семян), проведённая в лабораторных условиях для предпосевной обработки семян табака, показала, что стимулятор эффективен в концентрации 0,05 % и экспозиции 6 часов. При данной схеме применения препарат увеличивает массу проростков на 48 %. Замачивание семян перед посевом установленной концентрацией (0,05 %) и дополнительная двукратная обработка рассады в основные фазы развития «ушки» и «годная к высадке» препаратом Stimax Универсал, раствором в аналогичной концентрации, повышают число листьев на растениях в среднем на 12 %, длину табачной рассады – на 32-49 %, массу стеблей – на 25 % и корней – на 93 % и 92 % соответственно, количество годной к высадке рассады – на 42 %. Содержание азота в аммонийной форме от внекорневого внесения препарата Stimax Универсал в почве возросло на 7 %, в нитратной – на 59 %, подвижных форм фосфора – на 41 %, обменного калия – на 39 %. Отмечено улучшение биологической активности почвы, проявляемое повышением нитрифицирующей способности почвы, на 80 %, интенсивности разложения клетчатки – на 29 %, выделения углекислого газа – на 34 %. Площадь листьев табака среднего яруса увеличилась на 27 %, урожайность культуры – на 26 %, а темпы накопления листьями сухого вещества возросли на 35 %. Предпосевное замачивание и обработка рассады препаратами Stimax повышает качество табачного сырья, увеличивает количество никотина на 20 %, углеводов – на 87 %, сокращает содержание белка на 7 %. По результатам проведённых испытаний можно сделать вывод о том, что включение препаратов этой группы в технологию выращивания табака является высокоэффективным приёмом.

Библиографический список

1. Газданова И. О., Гериева Ф. Т., Моргоев Т. А. Эффективность применения биостимуляторов «Эпин-экстра» и «Циркон» на посадках картофеля в агроэкологических условиях РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2020. № 08 (199). С. 2-7.
2. Плотнокова Т. В., Сидорова Н. В., Саломатин В. А. Сравнительная оценка эффективности гуминовых удобрений при выращивании табака на различных по обеспеченности элементами питания фонах // Земледелие. 2021. № 8. С. 17-22. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-8-17-22>
3. Пойда В. Б., Збраилов М. А., Фалынсков Е. М. Эффективность использования препаратов Стимакс для семян и Истарка микс при выращивании озимой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 2-1 (36). С. 67-73.

4. Тосунов Я. К., Барчукова А. Я. Влияние препарата Стимакс марка Старт на рост, урожайность и качество перца сладкого // Рисоводство. 2019. № 4 (45). С. 70-73.
5. Тютюнникова Е. М., Плотникова Т. В. Влияние регулятора роста Зеребра агро с фунгицидными свойствами на ростовые показатели, продуктивность табака и качество сырья // Агрохимия. 2022. № 1. С. 39-46. <https://doi.org/631.811.98:631.547.2:631.559>
6. Урожайность и посевные качества семян ярового ячменя при использовании биостимуляторов в первичных звеньях семеноводства / Г. А. Филенко, Т. И. Фирсова, Ю. Г. Скворцова, Н. Г. Черткова // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6 (72). С. 71-77. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-71-77>
7. Чурсин И. А., Смолич О. С. Способ повышения регенерационной способности черенков винограда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 168 (04). С. 217-229. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-168-016>
8. Шибаева Т. Г., Шерудило Е. Г., Титов А. Ф. Экстракты морских водорослей как биостимуляторы растений // Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 3. С. 36-67. <https://doi.org/10.17076/eb1383>
9. Шинкоренко Е. Г. Эффективность применения биопрепаратов и комплексных удобрений при выращивании огурца в защищенном грунте // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по матер. XXII Междунар. науч.-практ. конф. Гродно: ГГАУ, 2019. С. 327-328.
10. Яхин О. И., Лубянов А. А., Яхин И. Ф. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения // Агрохимия. 2016. № 6. С. 72-94.
11. Checking the physical-chemical properties of the solutions of complex compounds and salts of natural petroleum acids and the effect on the seeds of tobacco plant / V. M. Abbasov, R. A. Asadova, T. A. Ismayilov, I. T. Ismayilov // Processes of petrochemistry and oil refining. 2019. Vol. 20. № 3. P. 212-222.
12. Exogenous application of indole acetic acid (IAA) and gibberellic acid (GA3) induces changes in carbon and nitrogen metabolisms that affect tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) production / Qin Cheng, Li Bensheng, Wu Wei [et al.] // Pakistan journal of botany. 2019. Vol. 1. № 51. P. 149-155.

Информация об авторах

Тютюнникова Евгения Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» (350072 Россия, г. Краснодар, ул. Московская, д. 42). E-mail: agrotobacco@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5918-5180>

Плотникова Татьяна Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агротехнологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» (350072 Россия, г. Краснодар, ул. Московская, д. 42). E-mail: agrotobacco@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2543-3497>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-30

TECHNOLOGY FOR OBTAINING GLUTEN-FREE PASTA BASED ON NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS

A. I. Kabylda, M. S. Myktabaeva, G. S. Serikbay, A. S. Kazhybekova

Astana branch of the Limited Liability Partnership

«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Kazakhstan, Nur-Sultan

Received 20.07.2022

Submitted 22.08.2022

Summary

In the process of work, pasta was made using rice, corn, buckwheat flour. Having studied the organoleptic, physico-chemical properties of the selected flour, 3 recipes were developed. Of the 3 variants, the pasta product from buckwheat flour of the 1st variant had a good indicator, and the cooking time was 8 minutes. Therefore, this model can be considered competitive.

Annotation

Introduction. It consists in the need to develop a presence on the local market of pasta: which belong to the gluten-free category. For this purpose, the formulation and technological process of obtaining gluten-free pasta with pronounced qualitative consumer properties have been developed. Flour from secondary agricultural crops was used for the production of products. **Objects.** We used scientific sources that have a high degree of localization and can be used to implement a strategy for replacing gluten flour categories. Analytical materials were compared with the products of companies: Maddys, Dr. Shaer, Aprotin, GLUTANO Fermo, GALLON, Bezglutenex, Balviten, Glutenex), Milupa, Hammermühle, CamidaMed, Taranis, Promin). **Materials and methods.** When choosing pasta under laboratory conditions, corn, buckwheat and rice flour was prepared by cold kneading. A matrix was formed mechanically for organoleptic analysis. The molding process is carried out by a paste-like machine "Concerto 5" For the production of Tagliolini (Tagliolini), a special nozzle "Sirman No. 32" for the formation of the mold. **Results and conclusions.** The developed recipe of gluten-free samples revealed the advantage of pasta developed on the basis of buckwheat flour. It was revealed that buckwheat flour products suppress fat accumulation and increase the biological activity of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase, have a pro-tumor, rejuvenating effect. The most attractive quality for the consumer is not only the shape of the products themselves, but also their ability to store. It was revealed that cold kneading of pasta in a ratio of 60/40 from a mixture of corn and rice flour allows you to create a commercial form of products within 5 minutes after cooking on a screw mold matrix. Buckwheat flour pasta has an increased content of proteins, flavonoids, vitamins B, A, E, PP, and fiber.

Key words: *gluten, gluten-free flour, corn flour, nutritional value, experimental sample, pasta dough recipe, celiac disease.*

Citation. Kabylda A. I., Myktabayeva M.S., Serikbay G.S., Kazhibekova A.S. Technology for obtaining gluten-free pasta based on non-traditional raw materials. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 262-270 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-30.

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 664.69

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

А. И. Кабылда, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта

М. С. Мыктабаева, магистр технических наук, научный сотрудник

Г. С. Серикбай, магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

А. С. Кажыбекова, бакалавр техники и технологии, научный сотрудник

Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 20.07.2022

Дата принятия к печати 22.08.2022

Актуальность. Заключается в необходимости разработки присутствия на локальном рынке макаронных изделий, которые относятся к категории безглютеновых. Для этого разработаны рецептура и технологический процесс получения макаронных изделий без содержания глютена с выраженными качественными потребительскими свойствами. Для изготовления продукции использовалась мука из вторичных сельскохозяйственных культур. **Объекты.** Использовались мучные источники, которые обладают высокой степенью локализации и могут быть использованы для реализации стратегии замещения глютенных мучных категорий. Аналитические материалы сравнивали с продукцией компаний Maddys, Dr. Shaer, Aprotin, GLUTANO Фермо, ГУЛЛОН, Bezglutenex, Balviten, Glutenex, Milupa, Hammermühle, CamidaMed, Таранис, Промин. **Материалы и методы.** При выборе макаронных изделий в лабораторных условиях из кукуруз-

ной, гречневой и рисовой муки приготавливали способом холодного замеса. Механическим способом формировали матрицу для анализа органолептическим способом. Для изготовления тальюлини (Taglionili) процесс формования производился пастообразной машиной «Concerto 5» специальной насадкой «Sirman №32». **Результаты и выводы.** Разработанная рецептура безглютеновых образцов позволила выявить преимущество макаронных изделий, разработанных на основе гречневой муки. Выявлено, что изделия из гречневой муки подавляют накопление жира и повышают биологическую активность супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, обладают противоопухолевым, омолаживающим действием. Наиболее привлекательным для потребителя качеством является не только сама форма изделий, но и способность их к хранению. Выявлено, что холодный замес макаронных изделий в соотношении 60/40 из смеси кукурузной и рисовой муки позволяет создать товарную форму изделий в течение 5 минут после приготовления на матрице винтовой формы. В макаронных изделиях из гречневой муки установлено повышенное содержание белков, флавоноидов, витаминов В, А, Е, РР, клетчатки.

Ключевые слова: глютен, безглютеновая мука, кукурузная мука, пищевая ценность макарон, рецептура макаронного теста, целиакия.

Цитирование. Кабылда А. И., Мыктабаева М. С., Серикбай Г. С., Кажыбекова А. С. Технология получения безглютеновых макаронных изделий на основе нетрадиционного сырья. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 262-270. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-30.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время продукты питания существенно изменились в соответствии с потребительским спросом [6]. В настоящее время продукты питания предназначены не только для обеспечения организма необходимыми питательными веществами, но и для профилактики заболеваний, связанных с питанием, и для улучшения физического и психологического благополучия потребителей [8]. Безглютеновые продукты, которые первоначально рассматривались как пища для узкого круга людей, со временем стали частью пищевой промышленности. В связи с увеличением числа потребителей безглютеновых продуктов и в связи с актуальностью проблемы был проведен ряд исследований [13]. Подробно изучены особенности безглютеновых диет [1, 2, 4, 5, 15]. Исследована проблема потребления здоровыми людьми безглютеновых продуктов. Были также проведены исследования того, как потребление безглютеновых продуктов в рационе здоровых людей влияет на общее состояние здоровья [3, 11]. Во многих странах мира ведутся активные исследования с целью дальнейшего расширения ассортимента безглютеновых продуктов, обладающих уникальными свойствами. В качестве сырья используют муку различных культур: гороховую муку, рисовую и гречневую муку, амарантовую муку, рисовую муку с мукой киноа, зеленую гречневую муку. Эти исследования позволили всесторонне изучить технологические и пищевые характеристики безглютеновых продуктов.

Глютен содержится в таких злаках, как пшеница, рожь, ячмень и тритикале. Поскольку целиакическая энтеропатия является неизлечимым заболеванием, пациенты должны придерживаться диеты в течение всей жизни [12]. Во многих странах производятся безглютеновые продукты, такие как хлеб, макароны, печенье, мука для выпечки, предназначенные для пациентов с целиакией [6]. По данным Mordor Intelligence, глобальный рост пользователей безглютеновых макаронных изделий – около 9,5% в период с 2018 по 2023 год.

Количество безглютеновых продуктов, потребляемых во всем мире, только увеличивается. Изучив аналитические исследования на примере США, можно сделать вывод, что с 2022 по 2029 год продажи этих продуктов достигнут 8,3 % или 10,96 млрд долларов США.

На сегодняшний день большая часть безглютеновой продукции, разработанной в мире, принадлежит крупным фирмам Америки (Maddys) и стран Евросоюза: Италия (Dr.Шаер, Апротен, ГЛУТАНО Фермо); Испания (ГУЛЛОН); Польша (Bezglutenex, Balviten, Glutenex); Германия (Milupa, Hammermühle, CamidaMed); Франция (Таранис); Великобритания (Промин, мост). Вся их продукция защищена патентами и имеет на упаковке маркировку «gluten-free». При создании безглютеновых продуктов при выборе основного и вспомогательного сырья следует руководствоваться Codex Alimentarius 118, учитывать содержание в них глютена. Согласно этому кодексу, к безглютеновым продуктам относятся продукты, содержащие менее 20 мг/кг глютена [9].

Продукты на основе безглютеновых злаков, таких как кукуруза, рис и гречка, являются традиционными для приготовления основного блюда для пациентов с целиакией [14]. Но, к сожалению, эта категория продуктов очень дорогая и не всегда доступна казахстанцам, страдающим целиакией. Кроме того, в нашей стране не производится продукция с соответствующей маркировкой. В среднем стоимость таких изделий в 5-10 раз выше, чем обычных мучных изделий на рынке [10].

По данным Министерства здравоохранения РК, в стране проживает 400 больных целиакией. Из них наибольшее количество больных проживает в Алматинской области (80 человек), в том числе в г. Алматы (52 детей и взрослых, которые зарегистрированы в управлении здравоохранения г. Алматы). Только половина из них получает социальную помощь через поликлиники в виде муки и макарон.

В настоящее время в Республике Казахстан с целью производства безглютеновых макаронных изделий в достаточном объеме выращиваются различные зерновые, зернобобовые культуры, такие как гречиха, кукуруза, которые могут стать полноценным сырьем для получения муки. Поэтому в стране назрела необходимость выпуска качественной, обладающей высокими питательными свойствами безглютеновой продукции на топливе, которая будет дешевле по сравнению с зарубежными аналогами. Однако, несмотря на появление на рынке новых безглютеновых продуктов, их ассортимент остается ограниченным. Для разнообразия безглютеновых макаронных изделий используются разные соотношения различных мучных смесей. Чаще всего для безглютеновых макаронных изделий используют картофель, кукурузный крахмал, кукурузную и рисовую, гречневую муку. Но есть и другие виды муки, которые богаты витаминами и минералами, благотворно влияют на организм человека и подходят для безглютеновых диет.

Цель исследовательской работы – изучить органолептические, физико-химические и функциональные технологические свойства безглютеновых видов муки и определить оптимальное соотношение мучной смеси для производства макаронных изделий. Что касается актуальности исследований, то на сегодняшний день впервые в Казахстане разрабатывается технология производства безглютеновых макаронных изделий. Данные исследования проводятся в Астанинском филиале Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности в рамках научного проекта «Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий на основе отечественного сырья» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977), охватывающего 2021-2023 годы.

Материалы и методы. При изготовлении безглютеновых макаронных изделий использовались кукурузная, гречневая и рисовая мука, кукурузный крахмал производства Республики Казахстан (ТОО «Фирма «АЛ и КС», Республика Казахстан), ксантановая смола (XanthanGum, NowFoods, RealFood, USA), яичный белок (ТОО «Соланик 100»), содержание белка > 90 г/ 100 г (Республика Казахстан).

Получение макаронных изделий в лабораторных условиях. Из 8 экспериментальных образцов путем дегустации и оценки по 10-балльной шкале выбрана модель с наибольшим результатом. В дальнейшем выбранный вариант будет использоваться при получении безглютеновых макаронных изделий.

Формовка макаронных изделий. Макароны без глютена готовили методом холодного замеса из смеси кукурузной и рисовой муки в соотношении 60 : 40. Макароны отжимались на прессе диаметром $L / D = 180/40$ мм с помощью винта бочкообразной конфигурации длиной. Кукурузно-рисовое тесто разрезали на кусочки 30 мм, используя матрицу с круглыми отверстиями 3,5 мм. После предварительной сушки при комнатной температуре в течение 5 минут макаронные изделия превращались в форму тальолини, а затем отправлялись в сушильный шкаф.

Сушка макаронных изделий. Для сушки безглютеновых макаронных изделий использовался сушильный шкаф «Memmert UF30» (Германия). Сушили в сушилке при температуре 40 °С в течение 4 часов. Сушеные макароны (содержание влаги менее 12 %) охлаждают и упаковывают в 250-ти граммовые герметичные полиэтиленовые пакеты.

Время приготовления. В миске закипело 300 мл воды. Макаронные изделия, взвешенные в $25 \pm 0,5$ г, кипятят в кипящей воде до готовности и промывают в воде при температуре 25-26 °С в течение 15 секунд через пластиковое сито для удаления лишней воды.

Результаты. Получение безглютеновых макаронных изделий осуществлялось в Астанинском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» г. Нур-Султан. Для получения образцов использовано сырье, произведенное в Республике Казахстан (кукурузная, гречневая, рисовая мука, кукурузный крахмал, ксантановая смола, яичный белок). Рецепт и фото безглютеновых макаронных изделий представлены в таблице.

Таблица – Описание образцов / Table – Description of samples

№	Фотографии образцов	Описание
1	2	3
1		Тесто из гречневой муки мягкое, хорошо держит форму, цвет темно-коричневый, запах характерный для гречневой муки, без посторонних запахов и привкусов.
2		Тесто из кукурузной и рисовой муки имеет высокую влажность, прилипает к рукам, не держит форму, цвет желтый, запах и вкус приятный, подходит для рисовой и кукурузной муки, без посторонних привкусов.

Окончание таблицы

1	2	3
3		Тесто из кукурузной и рисовой муки твердое, при формовке держит форму, запах и вкус соответствуют сырью, цвет темно-желтый.

Как видно из таблицы, в зависимости от компонентов экспериментальные образцы отличаются цветом и внешним видом. После 4 часов сушки их кипятят 5-9 минут в кипящей воде. Готовые образцы были продегустированы и оценены по 10-балльной шкале. При оценке учитывались следующие параметры: внешний вид, цвет, запах, вкус и время приготовления (рисунок 1).

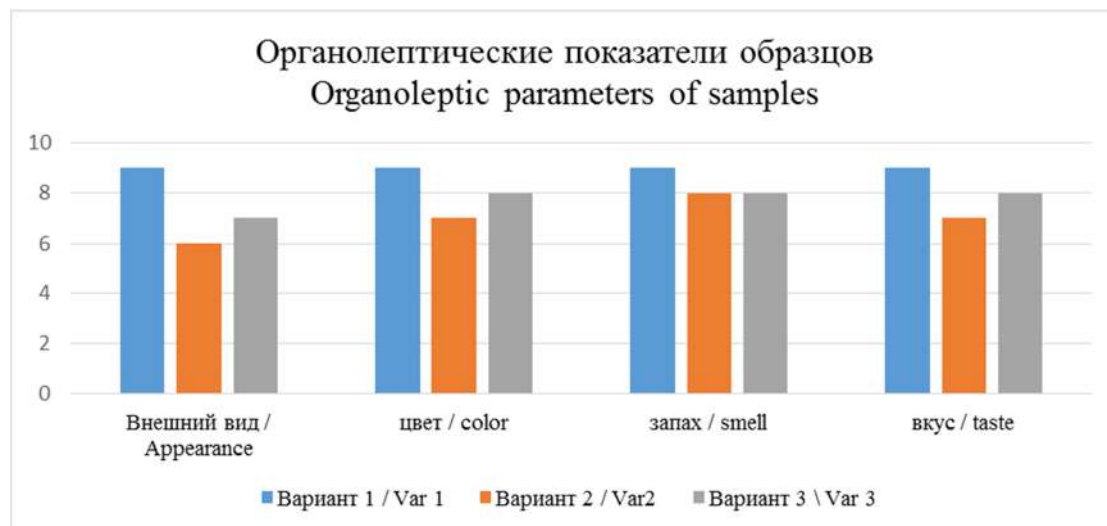


Рисунок 1 – Органолептические показатели образцов

Figure 1 – Organoleptic parameters of samples

Как видно из таблицы, после анализа данных были получены следующие выводы: по органолептическим показателям вариант 1 имел высокие показатели, на 2 месте – вариант 3, а на 3 месте – вариант 2. Вариант 1 лидирует как по внешнему виду, так и по цвету, запаху, вкусу. Макароны из гречки хорошо держат форму и подходят для макаронных изделий из пшеничной муки. Гречневая мука – одна из самых ценных культур. Белок гречки содержит 18 незаменимых аминокислот. Важными свойствами этих белков являются их хорошая растворимость и усвояемость, способность очищать организм от радиоактивных веществ и нормализовать рост детского организма. Белок гречки подавляет накопление жира и повышает биологическую активность супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, обладает противоопухолевым, омолаживающим действием. В гречке много флавоноидов: рутин, кверцетин, ориентин, витексин, изовитексин, изоориентин. Таким образом, гречка и ее проростки содержат белки, флавоноиды, витамины В, А, Е, РР, клетчатку, а также не содержат глютен.

При варке 2-й вариант выпекали 4 минуты, что объясняется отсутствием связующего компонента в рецептуре. 3-й вариант выпекали в течение 5 минут, а 1-й вариант в течение 8 минут (рисунок 2). Это считается хорошим показателем. В результате вариант 1 показывает наилучшие результаты как по органолептическим свойствам, так и по времени приготовления. Макароны изделия, приготовленные из гречневой муки, считаются оптимальными, и дальше будут проводиться экспериментальные работы по улучшению вида, вкуса и общих качеств макаронных изделий.



Рисунок 2 – Время приготовления экспериментальных образцов, мин

Figure 2 – Preparation time of experimental samples, min

Вывод: выбран вариант 1 для получения конкурентоспособной безглютеновой пасты.

Обсуждение. *Формовка макаронных изделий.* После выбора оптимального образца тальолини формовали в лабораторных условиях. Макароны получили в виде трубочек длиной 30 мм и шириной 3,5 мм. Для изготовления тальолини (Tagliolini) процесс формования производился пастообразной машиной «Concerto 5» специальной насадкой «Sirman №32» (рисунок 3).



Рисунок 3 – Процесс образования тальолини: А – внешний вид; В – готовое изделие

Figure 3 -the process of tagliolini formation: A – appearance; В – finished product

Для получения продукта все компоненты соединяются непосредственно в пресс-машине. Внутри прибора замешивается и отжимается тесто. Талюлини отправляют на 4 часа для сушки. Полученные изделия упаковывают в герметичную полиэтиленовую упаковку.

Выводы. Проведен обзор отечественных источников сырья с целью получения безглютеновых макаронных изделий на основе нетрадиционного сырья. В Республике Казахстан нет промышленных предприятий, выпускающих безглютеновую продукцию, все эти продукты поступают в нашу страну из-за рубежа и стоят дорого. Наша цель – приготовление эффективных, доступных для населения видов пищи с использованием отечественного сырья. В процессе работы изготавливались макаронные изделия с использованием рисовой, кукурузной, гречневой муки. Изучив органолептические, физико-химические свойства отобранной муки, разработали 3 рецептуры. Из 3-х вариантов хорошим показателем обладал макаронный продукт из гречневой муки 1-го варианта, а время приготовления составляло 8 минут, поэтому данную модель можно считать конкурентоспособной.

Библиографический список

1. Батурина В. В. Современный ассортимент пищевых продуктов, предназначенных для больных целиакией // *Экономическая среда*. 2018. № 4 (26). С. 98-101.
2. Иванова Л. В., Яичкин В. Н. Безглютеновые макаронные изделия // *Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник статей II Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли, Саратов, 24–25 марта 2021 года*. Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2021. С. 283-286.
3. Орлова Т. В., Кудинов П. И. Оценка качества и безопасность безглютеновых макаронных изделий // *Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ"*. 2019. № S9. С. 264-275.
4. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future / P. Makovicky, P. Makovicky, F. Cаја, K. Rimarova, G. Samasca, L. Vannucci // *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*. 2020. Vol. 13. Issue 1. Pp. 1-7.
5. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus / G. Samasca, A. Lerner, A. Girbovan, G. Sur, I. Lupan, P. Makovicky // *Eur. J. Clin. Invest*. 2017. Issue 47. Pp. 394-397.
6. Effect of substitution of rice flour with quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits / M. Cannas, S. Pulina, P. Conte, A. Piga, C. Fadda // *Foods*. 2020. Vol. 9. Issue 6. P. 808.
7. Effects of red rice or buckwheat addition on nutritional, technological, and sensory quality of potato-based pasta / C. Cappa, M. Laureati, M. C. Casiraghi, M. Lucisano, C. Alamprese // *Foods*. 2021. Vol. 10. Issue 1. P. 91.
8. Gluten-free breadsticks fortified with phenolic-rich extracts from olive leaves and olive mill wastewater / P. Conte, S. Pulina, A. Del Caro, R. Romeo, A. Piga // *Foods*. 2021. Vol. 10. Issue 5. P. 923.
9. Gluten-free diet in French adults without coeliac disease: sociodemographic characteristics, motives and dietary profile / L. Perrin, B. Alles, C. Buscail, C. Ravel, S. Hercberh, C. Julia // *Br J Nutr*. 2021. Vol. 28. Issue 122. Pp. 231-239.
10. Impact of Raw, Roasted and Dehulled Chickpea Flours on Technological and Nutritional Characteristics of Gluten-Free Bread / G. Kahraman, S. Harsa, M. C. Casiraghi, M. Lucisano, C. Cappa // *Foods*. 2022. Vol. 11. Issue 2. P. 199.
11. Obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular risk in gluten-free followers without celiac disease in the United States from the National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2014 / H. S. Kim, M. F. Demyen, J. Mathew, N. Kothari, M. Feurdean, S. K. Ahlawat // *Dig Dis Sci*. 2017. Issue 9. Pp. 2440-2448.
12. Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours / G. Kahraman, S. Harsa, M. Lucisano, C. Cappa // *LWT*. 2018. Issue 98. Pp. 276-282.
13. Technological, nutritional and sensory properties of an innovative gluten-free double-layered flat bread enriched with amaranth flour / A. Piga, P. Conte, S. Fois, A. M. Sanguinetti, C. Fadda // *Foods*. 2021. Vol. 10. Issue 5. P. 920.

14. The effect of selected feed mixtures on the duodenal morphology / P. Makovicky, M. Chrenkova, P. Makovicky, P. Flak, Z. Formelova, V. Novosadova // *Physiol Res*. 2018. Issue 67. Pp. 955-962.

15. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free product. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? / P. Collin, L. Thorell, K. Kaukinen, M. Maki // *Aliment Pharmacol Ther*. 2014. Issue 12. P. 1277-1283.

16. Yoosuf S., Makharia G. K. Evolving therapy for Celiac disease // *Front Pediatr*. 2019. Vol. 7. P. 193.

Информация об авторах

Кабылда Анар Идашовна, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-7876-9368>, руководитель проекта Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, anara121579@gmail.com

Мыктабаева Маншук Сабитовна, магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-9403-2465>, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", Г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, m.manshuk98@mail.ru

Серикбай Гульжанат Серикбаевна, магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-9569-5209>, научный сотрудник Астанинского филиала ТОО, г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, gserikbaykyzy@inbox.ru

Кажыбекова Айдана Саниязовна, бакалавр техники и технологии, <https://orcid.org/0000-0002-0324-3492> научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", г. Нур-Султан, Аль-Фараби 47, 0000001, Республика Казахстан, saniyazkyzy@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-31

THE INFLUENCE OF SIDERAL CROPS ON THE DEVELOPMENT, YIELD AND QUALITY OF TABLE WATERMELON

N. B. Ryabchikova¹, G. S. Egorova², I. N. Bocherova¹, O. V. Guzenko²

¹*Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Volgograd region*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 31.03.2022

Submitted 01.09.2022

Abstract

Introduction. By increasing the humus content and improving the agrochemical and agrophysical properties of the soil, the biological activity of soils is enhanced, soil and above-ground air is enriched with carbon dioxide, the air nutrition of plants is improved, the activity of soil microflora is activated. This article presents data on the effect of the aftereffect of sideral crops on growth processes, yield and quality of table watermelon of the early ripening period «*Triumph*» variety. Studies have revealed the positive effect of siderates in the technology of growing table watermelon. Crop sideration has a beneficial effect on the growth and development of plants, productivity and quality of the harvest of table watermelon. **Materials and methods.** Studies on the use of sideral crops as a precursor for melons, determining their impact on the development and yield of table watermelon, were conducted at the experimental site of the Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station in 2019-2021. **Results and conclusions.** During the experiment, experimental data on the study of siderates, with the subsequent determination of their impact on the yield and quality of melon fruits were obtained. A comparative analysis of the qualitative characteristics of the studied siderates showed the advantage of winter rye siderate. The maximum values for the aboveground mass, root mass, the number of crop-root residues, and the soil respiration index were obtained for this siderate. The novelty of the conducted scientific research consists in the fact that the results obtained are studied and new optimal techniques are determined for improving the technologies of cultivation of melons, ensuring an increase in yield and

obtaining an environmentally safe product. The scope of application is the melon-growing zones of the Russian Federation, industrial melon farming, dacha and personal subsidiary farming. The significance of the work lies in obtaining experimental data that will be used to develop new and improve existing agrotechnical methods of cultivating melons, the use of which will increase the adaptive potential of plants. The conducted studies allow us to say about the positive effect of sideral crops on the growth and development of table watermelon plants.

Key words: *sideral crops, food watermelon, plant growth and development, yield, fruit quality.*

Citation. Ryabchikova N.B., Egorova G.S., Bocherova I.N., Guzenko O.V. The influence of sideral crops on the development, yield and quality of table watermelon. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 270-277 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-31.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.582:635.615

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА РАЗВИТИЕ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО АРБУЗА СТОЛОВОГО

Н. Б. Рябчикова¹, научный сотрудник,

Г. С. Егорова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Н. Бочерова¹, научный сотрудник,

О. В. Гузенко², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция –

филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный научный центр овощеводства», Волгоградская область, Быковский район

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 31.03.2022

Дата принятия к печати 01.09.2022

Актуальность. За счет повышения содержания гумуса и улучшения агрохимических и агрофизических свойств почвы усиливается биологическая активность почв, почвенный и надпочвенный воздух обогащается углекислым газом, улучшается воздушное питание растений, активизируется деятельность почвенной микрофлоры. В данной статье представлены данные по влиянию последствий сидеральных культур на ростовые процессы, урожайность и качество арбуза столового раннего срока созревания «Триумф». Исследованиями выявлено положительное действие сидератов в технологии выращивания арбуза столового. Пожнивная сидерация оказывает благоприятное действие на рост и развитие растений, продуктивность и качество урожая арбуза столового. **Материалы и методы.** Исследования по использованию сидеральных культур в качестве предшественника для бахчевых культур, определения их влияния на развитие и урожайность арбуза столового проводились на опытном участке Быковской бахчевой селекционной опытной станции в 2019-2021 гг. **Результаты и выводы.** В ходе опыта были получены экспериментальные данные по изучению сидератов с последующим определением их влияния на урожайность и качество плодов бахчевых культур. Сравнительный анализ качественных характеристик изучаемых сидератов показал преимущество сидерата Рожь озимая. У данного сидерата были получены максимальные значения по надземной массе, корневой массе, количеству пожнивных остатков, показателю дыхания почвы. Новизна проведенных научных исследований состоит в том, что полученные результаты изучаются и определяются новые оптимальные приемы для совершенствования технологий возделывания бахчевых культур, обеспечивающие повышение урожайности и получение экологически безопасного продукта. Область применения – бахчеводческие зоны РФ, промышленное бахчеводство, дачное и личное подсобное хозяйство. Значимость работы заключается в получении экспериментальных данных, которые будут использованы

для разработки новых и совершенствовании существующих агротехнических приемов возделывания бахчевых культур, применение которых обеспечит повышение адаптационного потенциала растений. Проведенные исследования позволяют констатировать положительное влияние сидеральных культур на рост и развитие растений арбуза столового.

Ключевые слова: сидеральные культуры, арбуз продовольственный, развитие растений арбуза, урожайность арбуза столового, качество плодов арбуза.

Цитирование. Рябчикова Н. Б., Егорова Г. С., Бочерова И. Н., Гузенко О. В. Влияние сидеральных культур на развитие, урожайность и качество арбуза столового. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 270-277. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-31.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В засушливых условиях сухостепной зоны Волгоградского Заволжья стабильные и высокие урожаи можно получить только при правильном подходе к технологии возделывания бахчевых культур [1, 4, 5, 7, 9]. Одним из перспективных приемов является сидерация [12]. Главное предназначение сидерации – это пополнение запасов органического вещества в почве [10, 11, 14]. Основными причинами, приводящими к снижению содержания гумуса в почве, являются повышенная минерализация органического вещества из-за малого поступления пожнивно-корневых остатков, органических удобрений, в т. ч. сидератов, проявления водной и ветровой эрозии [6, 13]. Для сохранения почвенного плодородия необходима замена чистого пара на сидеральный, заделка измельченной листостебельной массы зерновых, масличных или бобовых культур [2, 8].

Материалы и методы. Значимость работы заключается в получении экспериментальных данных для разработки новых и совершенствовании существующих агротехнических приемов возделывания бахчевых культур, применение которых обеспечит повышение адаптационного потенциала растений.

Для разработки и совершенствования новых агротехнических приемов технологий возделывания бахчевых культур исследованы сидеральные культуры и определено их последствие в посевах бахчевых культур, определены оптимальные приемы для предложения и внедрения в производство.

Целью настоящих исследований являлось изучение последствия сидеральных культур на рост, развитие, урожайность и качество арбуза столового первого и второго года на светло-каштановых почвах Волгоградского Заволжья.

Почвенный покров на обследуемом участке представлен светло- каштановыми, супесчаными почвами.

Объектами исследований являлись сидеральные культуры: рожь озимая, горчица, рожь озимая + горчица (50/50), арбуз столовый сорта «Триумф».

Закладку опыта проводили по общепринятым методикам, с использованием методических указаний, методик, Государственных и отраслевых стандартов (Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М: Россельхозакадемия, 2011).

Результаты и обсуждение. Содержание органического вещества в почве, как источник элементов питания, напрямую определяет пищевой режим почв [3, 10]. Сокращение применения органических удобрений приводит к резкому ухудшению почвенного плодородия, особенно это касается легких по гранулометрическому составу почв [6, 12]. Поэтому в 2019 г. нами были начаты исследования по использованию сидератов в качестве предшественника для посева бахчевых культур, определения их влияния на почвенное плодородие и урожайность бахчевых культур, также в 2019 г. проведены подготовительные работы и сопутствующие исследования и наблюдения. Сравнительный

анализ качественных характеристик изучаемых сидератов показал, что у ржи озимой были получены максимальные значения по надземной массе (18,68 т/га), в 1,5 раза больше по сравнению с горчицей и в 2,3 раза больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50/50). По корневой массе минимальные значения отмечены по сидерату горчица, на 45,2 % меньше по сравнению с сидератом горчица + рожь озимая (50/50) и в 3,8 раза меньше сидерата рожь озимая. Та же тенденция прослеживается и по результатам оценки сухой массы пожнивно-корневых остатков. В варианте рожь озимая количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое почвы (0-30 см) на 66,7 % больше по сравнению с вариантом горчица + рожь озимая и значительно больше по сравнению с горчицей. Хорошая обеспеченность почвы кислородом оказывает благоприятное влияние на жизнедеятельность корней растений, бактерий и других почвенных микроорганизмов и, тем самым, на ее плодородие в целом.

Интенсивность дыхания почвы, почвенный газообмен – характерный показатель воздушного режима. Как показали исследования, данный показатель во всех изучаемых вариантах достигал максимальных значений к середине лета, при наибольшей интенсивности дыхания почвы по сидерату рожь озимая – 4,08 кг/га CO₂, что на 16,9 % больше по сравнению с сидератом горчица, на 20,3 % больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50/50) и в 2 раза больше по сравнению с паром. К концу вегетации интенсивность почвенного дыхания снижается во всех изучаемых сидератах (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей изучаемых сидератов

Table 1 – Comparative analysis of the indicators of the studied siderates

Вариант опыта	Надземная масса, т/га	Корневая масса, т/га	Общая масса, т/га	Пожнивно-корневые остатки, т/га (сух.)	CO ₂ , кг/га в час			
					30 дней	660 дней	990 дней	1120 дней
Пар	-	-	-	-	1,19	2,04	0,34	0,34
Рожь озимая	18,68	17,32	36,00	2,0	2,55	4,08	3,74	0,17
Горчица	12,32	4,60	16,92	0,4	3,23	3,49	0,51	0,35
Рожь озимая + горчица (50/50)	8,00	6,68	14,68	1,2	0,68	3,39	2,72	2,04

Сидерация также помогает и в борьбе с сорняками. Тонким моментом сидерации является аллелопатия, способность корневыми выделениями вытравливать нежелательных сорняков.

Результаты исследований в посевах арбуза столового в среднем за 2020-2021 гг. показали, что наименьшая масса сорняков перед первой междурядной культивацией была по сидеральной культуре рожь озимая – 9,2 г/м², что на 3,3 % меньше по сравнению с сидеральной культурой горчица и 88,0 % меньше по отношению к варианту рожь озимая + горчица (50/50) (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние сидеральных культур на засоренность посевов арбуза, среднее за 2020-2021 гг.

Table 2 – Influence of sideral crops on the contamination of watermelon crops, average for 2020-2021

Вариант опыта	Перед первой культивацией		Перед второй культивацией	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Рожь озимая	40,3	9,2	4,1	2,7
Горчица	41,2	9,5	5,2	3,4
Рожь озимая + горчица (50/50)	45,4	17,3	5,8	3,9

Проведенные исследования позволяют сказать о положительном влиянии изучаемых сидеральных культур на ростовые процессы растений арбуза столового. К периоду созревания плодов максимальное количество плетей в посевах арбуза столового первого года на одном растении было достигнуто в варианте опыта рожь озимая – 37 шт., общая длина плетей на 22,1-27,4 % больше, по сравнению с другими изучаемыми вариантами. Длина вегетационного периода разнилась незначительно: от 2 до 3 суток (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние сидеральных культур на длину вегетационного периода и ростовые процессы растений арбуза столового первого года (2020 г.)

Table 3 – Influence of sideral crops on the length of the growing season and growth processes of table watermelon plants of the first year (2020)

Вариант опыта	Количество плетей, шт.		Общая длина плетей, см		Длина вегетационного периода, сут.
	плетеобразование	созревание	плетеобразование	созревание	
Рожь озимая	9	37	229	2950	85
Горчица	7	30	132	2141	83
Рожь озимая + горчица (50/50)	8	35	195	2297	82

НСР₀₅ = 2,4 см (общ. длина плетей, созревание)

Аналогичная тенденция прослеживалась и в посевах арбуза столового второго года, количество плетей в варианте рожь озимая – 35 шт., общая длина плетей в 1,2-1,3 раза больше по сравнению с другими изучаемыми вариантами (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние сидеральных культур на длину вегетационного периода и ростовые процессы растений арбуза столового второго года (2021 г.)

Table 4 – Influence of sideral crops on the length of the growing season and growth processes of table watermelon plants of the second year (2021)

Вариант опыта	Количество плетей, шт.		Общая длина плетей, см		Длина вегетационного периода, сут.
	плетеобразование	созревание	плетеобразование	созревание	
Рожь озимая	9	35	190	2297	84
Горчица	6	28	111	1735	82
Рожь озимая + горчица (50/50)	8	31	175	1845	81

НСР₀₅ = 1,6 см (общ. длина плетей, созревание)

Сравнительная оценка полученных результатов по определению влияния сидеральных культур в посевах арбуза столового на его урожайность показала преимущество культуры рожь озимая – на 13,5-12,3 % больше по сравнению с вариантами опыта горчица и рожь озимая + горчица (50/50). Аналогичные данные были получены и при оценке структуры урожая плодов арбуза столового, с максимальным выходом стандартной продукции в варианте опыта рожь озимая – 99 % и минимальных значениях в варианте с использованием в качестве сидеральной культуры горчицы – 96 % (таблица 5). У арбуза столового самые крупные плоды были получены в варианте рожь озимая, что на 0,7 кг и на 1,1 кг больше по сравнению с вариантами опыта рожь озимая + горчица (50/50) и горчица, соответственно.

Сравнительный анализ сидеральных культур в посевах арбуза столового второго года показал, что в условиях отчетного года, средняя урожайность разнилась менее значительно, по сравнению с урожайностью первого года (таблица 6). Так, в варианте рожь озимая сохраняется тенденция по показателю урожайности, что на 20,5 и 11,2 % больше вариантов рожь + горчица и горчица соответственно. Максимальный показатель средней массы плода составил 5,9 кг.

Таблица 5 – Влияние сидеральных культур на урожайность арбуза столового и его структуру первого года (2020 г.)

Table 5 – The effect of sideral crops on the yield of table watermelon and its structure in the first year (2020)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Выход стандартной продукции, %	Средняя масса плода, кг
Рожь озимая	32,8	99	6,8
Горчица	28,9	96	5,7
Рожь озимая + горчица (50/50)	29,2	98	6,1
НСР _{0,5}	0,78		0,72

Таблица 6 – Влияние сидеральных культур на урожайность арбуза столового и его структуру второго года (2021 г.)

Table 6 – The effect of sideral crops on the yield of table watermelon and its structure in the second year (2021)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Выход стандартной продукции, %	Средняя масса плода, кг
Рожь озимая	25,9	98	5,9
Горчица	21,5	95	5,1
Рожь озимая + горчица (50/50)	23,3	96	5,4
НСР _{0,5}	1,05		0,89

Результаты биохимического анализа плодов говорят о более высоком качестве плодов в вариантах с использованием сидеральных культур рожь озимая и рожь + горчица, содержание сухого вещества на 12,5-6,2 % больше, общего сахара на 7,3 % больше по сравнению с вариантом опыта горчица. Количество витамина С колебалось от 5,10 мг% до 6,10 мг%, при максимальных показателях в посевах арбуза столового по горчице и минимальных значениях в варианте опыта рожь озимая. Содержание нитратов в плодах арбуза столового во всех вариантах опыта не превышало предельно допустимых значений (ПДК - 60 мг/кг). Максимальное количество нитратов в плодах арбуза столового было отмечено по сидеральной культуре рожь озимая – 22,6 мг/кг, минимальное их количество в варианте опыта рожь + горчица – 13,9 мг/кг (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние сидеральных культур на качество плодов арбуза столового первого года (2020 г.)

Table 7 – The influence of sideral crops on the quality of table watermelon fruits of the first year (2020)

Вариант опыта	Сухих веществ, %	Общий сахар, %	Сахароза, %	Моносахара, %	Витамин «С», мг%	Кислотность, %	Нитраты, мг/кг
Рожь озимая	10,8	9,5	4,15	5,35	5,10	0,107	22,6
Горчица	9,6	8,85	3,75	5,10	6,46	0,107	15,2
Рожь озимая + горчица (50/50)	10,2	9,5	4,40	5,10	5,55	0,107	13,9

НСР₀₅ = 1 % (сух. в-в); НСР₀₅ = 1,10 мг/кг (нитраты)

Наилучший результат показателя сухого вещества в посевах второго года арбуза столового по сидератам был получен в варианте рожь + горчица, что на 4,3-5,4 % больше вариантов рожь озимая и горчица. Максимальное содержание витамина С было отмечено в варианте рожь озимая 6,3 мг%, а минимальное значение – в варианте горчица (5,5 мг%) (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние сидеральных культур на качество плодов арбуза столового второго года (2021 г.)

Table 8 – Effect of sideral crops on the quality of table watermelon fruits of the second year (2021)

Вариант опыта	Сухих веществ, %	Общий сахар, %	Сахароза, %	Моно-сахара, %	Витамин С, мг%	Кислотность, %	Нитраты, мг/кг
Рожь озимая	9,2	8,5	3,48	5,05	6,3	0,107	16,1
Горчица	9,1	8,7	4,25	4,43	5,5	0,107	12
Рожь озимая + Горчица (50/50)	9,6	9,15	4,38	4,76	6,0	0,116	13,1

НСР₀₅ = 0,9% (сух. в-в); НСР₀₅ = 1,11 мг/кг (нитраты)

Выводы. Таким образом, для сохранения и повышения плодородия светло-каштановых почв Волгоградского Заволжья повышения выхода продукции необходимо внедрять в севооборот сидеральные культуры.

Проведенные исследования позволяют сказать о положительном влиянии сидеральных культур на рост и развитие растений арбуза столового. Сравнительная оценка полученных результатов по определению последствий сидеральных культур в посевах арбуза столового первого и второго года на урожайность показала преимущество ржи озимой. Аналогичные данные были получены и при оценке структуры урожая плодов арбуза столового, с максимальным выходом стандартной продукции в варианте рожь озимая – 98 % и минимальных значениях в варианте горчица – 95 %. Самые крупные плоды арбуза столового были получены в варианте рожь озимая, на 0,8 кг и на 0,5 кг больше, по сравнению с вариантами горчица и рожь + горчица соответственно.

По результатам биохимического анализа плодов можно сказать о более высоком качестве плодов в вариантах с использованием рожь озимая и рожь + горчица. Содержание нитратов в плодах арбуза столового не превышало предельно допустимых значений (ПДК – 60 мг/кг), с максимальными значениями – 22,6 мг/кг в варианте опыта рожь озимая и минимальных показателей в варианте рожь озимая + горчица (50/50) – 13,9 мг/кг.

Библиографический список

1. Бахвалова С. А., Федорова А. В. Сидераты и урожайность яровой пшеницы // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 36-38.
2. Борьба с горчаком ползучим при выращивании озимой пшеницы / С. И. Воронов, В. В. Бородыхов, А. П. Солодовников, Ю. Н. Плещачёв, М. П. Басакин // Аграрный научный журнал. 2020. № 4. С. 10-14.
3. Киреев А. К., Жусупбеков Е. К., Тыныбаев Н. К. Сидераты – малозатратный прием повышения плодородия почвы и урожайности возделываемых культур на богарных землях юго-востока Казахстана // АгроСнабфорум. 2018. № 8 (164). С. 60-62.
4. Колебошина Т. Г., Быковский Ю. А. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (60). С. 123–129.
5. Колебошина Т. Г., Малыева С. В., Галичкина Е. А. Значение многолетних трав как оптимального предшественника под бахчевые культуры на богаре // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 121-125.
6. Логинов Ю. П., Казак А. А. Сидераты под картофель // Картофель и овощи. 2016. № 4. С. 29-31.
7. Меры борьбы с горчаком ползучим в звене севооборота чёрный пар - озимая пшеница / С. И. Воронов, И. В. Киричкова, И. А. Корженко, Е. В. Савинов // Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 9-13.
8. Минченко Л. А. Проявление микробиологической активности светло-каштановых почв при биологизации сидератами // Актуальные исследования. 2021. № 44 (71). С. 28-30.

9. Пискунова Т. М., Тайпакова А. А. Оценка образцов бахчевых культур коллекции вир по раннеспелости, продуктивности и вкусовым качествам // Аграрная Россия. 2020. № 3. С. 8-12.
10. Плещачёв Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 88-95.
11. Рудковский Е. Д., Пальчиков Е. В., Новикова Д. А. Сидераты как органическое удобрение в биологизации земледелия. Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 164.
12. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б. Ресурсосберегающие элементы технологий в сидеральном севообороте для создания базы данных по проектированию агротехнологий возделывания картофеля в условиях Новгородской области // Аграрная Россия. 2017. № 8. С. 2-6.
13. Post-harvest siderates and soil hardness / Y. Mishchenko, I. Kovalenko, A. Butenko, Y. Danko, V. Trotsenko, I. Masyk, E. Zakharchenko, A. Hotvianska, G. Kyrsanova, O. Datsko // Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. № 23 (3). P. 54-63.
14. Turyansky A. V., Kotlyarova E. G., Litsukov S. D. Research of development trends in the field of soil fertility restoration // Ecology, Environment and Conservation. 2018. Vol. 24. No 3. P. 1048-1052.

Информация об авторах

Рябчикова Наталья Борисовна, научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, 11), e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Егорова Галина Сергеевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: galina.egorova.2013@list.ru

Бочерова Ирина Николаевна, научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, 11), e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Гузенко Оксана Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (5400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: galina.egorova.2013@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-32

STUDIES OF CHEMICAL CHARACTERISTICS AND VITAMIN COMPOSITION OF WALNUT PERICARP

**A. S. Saduakas, A. B. Nurysh, M. Z. Sultanova,
H. A. Abdrakhmanov, N. Akzhanov**

*Astana branch of the Limited Liability Partnership
«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Kazakhstan, Nur-Sultan*

Received 15.06.2022

Submitted 31.08.2022

The work was carried out within the framework of the funded project of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan No. BR10764977-OT-21 "The use of non-traditional types of walnut waste in order to obtain a preventive product"

Summary

The article shows aspects of the use of walnut pericarp in the food industry. It is revealed that its use allows not only to expand the aspects of food and use, but also to consider its use in medicine. The functional orientation of the walnut application, its structural features and formal distribution according to qualitative functional characteristics depending on the varietal affiliation are investigated.

Abstract

Introduction. Nowadays, there are all phytopreparations of local action that give a positive pharmacological effect with virtually no side effects. Modern prevention and treatment of most diseases cannot be imagined without medicines of folk origin. It is known that almost 40% of pharmaceutical products in the world

are made from medicinal plants. In this regard, there is a very high efficiency of the search for new effective and safe medicines based on the consumption of products with an increased therapeutic effect, with a relatively low level of side effects, as well as high biological activity and availability, which makes it possible to predict a wide range of pharmacological activity. In walnuts, calories are combined with a rich vitamin composition. The products contain B vitamins, as well as vitamins A, C, E, K, H and PP. Walnuts act as a central signal of beta-carotene and tanning diseases. The chemical composition of the product contains iron, potassium, iodine, magnesium, calcium, copper, phosphorus and many other useful trace elements. The product also contains natural antioxidants that block the ingress of radiation into the body. **Object.** The object of research is the walnut fruit in the part of the pericarp. **Materials and methods.** The studies were carried out, according to the definition, on the content of the components of vitamins A, E, C and individual trace elements. Not only fruits, but also shells were used as the subject of the study. **Results and conclusion.** Samples of the three most common walnut varieties in the republic were selected for research: "Ak-Terek pointed", "Uygur" and "Kazakh". The physicochemical composition of the comfrey was determined at the laboratory of the Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry». The results obtained indicate the presence of vitamins C, E, PP in the chemical composition of the walnut pericarp. Vitamin A has not been detected in the walnut pericarp. The content of vitamin E ranges from 8.59 to 9.53 mg, the content of vitamin C in the studied samples is in the range of 29.81-31 mg, carotenoids - from 11.59 to 19 mg. The results obtained show that the walnut pericarp contains a sufficient amount of the daily norm of vitamins. According to the results of physicochemical studies, it is clear that the selected varieties of nuts are high-grade, the yield of the kernel is from 47 to 50%. They contain fat, protein and ash. They contain vitamin E, vitamin C, P, PP and carotenoids. Walnut core components are widely used in the food industry, but amniotic parts are often disposed of. At the same time, the studied pericarp raw materials are not only valuable raw materials, but also have ecological purity, which is defined as a necessary phenomenon for use in various industries.

Key words: *research, variety, walnut pericarp, physico-chemical properties, vitamins, thickness, shape, size.*

Citation. Saduakas A.S., Nurysh A.B., Sultanova M.Z., Abdrakhmanov H.A., Akzhanov N., , Studies of chemical characteristics and vitamin composition of walnut pericarp. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 277-285 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-32.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.03

ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВИТАМИННОГО СОСТАВА ОКОЛОПЛОДНИКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА

А. С. Садуакас, научный сотрудник

А. Б. Нурыш, магистр естественных наук, младший научный сотрудник

М. Ж. Султанова, магистр технических наук, руководитель проекта

Х. А. Абдрахманов, старший научный сотрудник

Н. Акжанов, магистр естественных наук, научный сотрудник

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 15.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Работа выполнена в рамках финансируемого проекта Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан №BR10764977-ОТ-21 «Использование нетрадиционных видов отходов грецкого ореха с целью получения продукта профилактического назначения»»

Актуальность. В наше время существуют все фитопрепараты местного действия, дающие положительный фармакологический эффект практически без побочных эффектов. Современную профилактику и лечение большинства заболеваний невозможно представить без лекарственных

средств народного происхождения. Известно, что почти 40 % фармпродукции в мире производится из лекарственных растений. В связи с этим отмечается очень высокая эффективность поиска новых эффективных и безопасных лекарственных средств, основанных на потреблении продуктов с повышенным терапевтическим эффектом, относительно низким уровнем побочных эффектов, а также высокой биологической активностью и доступностью, что позволяет прогнозировать широкий спектр фармакологической активности. В грецком орехе калории сочетаются с богатым витаминным составом. Продукты содержат витамины группы В, а также витамины А, С, Е, К, Н и РР. Грецкие орехи действуют как центральный сигнал бета-каротиновых и дубильных заболеваний. В химическом составе продукта присутствуют железо, калий, йод, магний, кальций, медь, фосфор и многие другие полезные микроэлементы. Продукт также содержит натуральные антиоксиданты, которые блокируют попадание радиации в организм. **Объект.** Объектом исследований определены плоды грецкого ореха в части околоплодника. **Материалы и методы.** Исследования проводились, согласно определению, по содержанию компонентов витаминов А, Е, С и отдельных микроэлементов. В качестве предмета исследования использовали не только плоды, но и скорлупу. **Результаты и выводы.** Для исследований были отобраны образцы трех наиболее распространенных в республике сортов грецкого ореха: «Ак-Терек остроколючный», «Уйгурский» и «Казахстанский». В лаборатории Астанинского филиала ТОО «КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (АФ ТОО «КазНИИПП») определен физико-химический состав околоплодника. Полученные результаты свидетельствуют о наличии в химическом составе околоплодника грецкого ореха витаминов С, Е, РР. В околоплоднике грецкого ореха витамин А не обнаружен. Содержание витамина Е колеблется от 8,59 до 9,53 мг, содержание витамина С в исследованных образцах находится в пределах 29,81-31 мг, каротиноидов – от 11,59 до 19 мг. Полученные результаты показывают, что околоплодник грецкого ореха содержит достаточное количество суточной нормы витаминов. По результатам физико-химических исследований видно, что выделенные сорта орехов высокосортные, выход ядра от 47 до 50 %. Они содержат жир, белок и золу. Содержат витамин Е, витамин С, Р, РР и каротиноиды. Компоненты сердцевин грецкого ореха широко используются в пищевой промышленности, но от амниотических частей часто избавляются. При этом исследуемое сырье околоплодника является не только ценным сырьем, но и обладает экологической чистотой, что определяется как необходимое явление для использования в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: сорта грецкого ореха, околоплодник грецкого ореха, физико-химические свойства орехов, витаминный состав околоплодника ореха.

Цитирование. Садуакас А. С., Нурыш А.Б., Султанова М. Ж., Абдрахманов Х. А., Акжанов Н. Исследования химических особенностей и витаминного состава околоплодника грецкого ореха. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 277-285. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Орех грецкий (*Juglans regia*) – вид деревьев рода Орех, семейства ореховые (*Juglandaceae*). В наше время становятся все актуальнее лекарственные средства растительного происхождения, которые дают положительные фармакологические эффекты практически без побочного действия. Без лекарственных средств природного происхождения невозможно представить современную профилактику и терапию большинства заболеваний [3]. Известно, что в мире почти 40 % фармацевтической продукции изготавливается из лекарственных растений [8]. Поэтому на современном этапе весьма актуальным является поиск новых эффективных и безопасных лекарственных средств на основе природного сырья с мощным терапевтическим действием, с относительно низким уровнем побочных эффектов, а также высокой биологической активностью и доступностью, что позволяет прогнозировать широкий спектр фармакологической активности [2].

Грецкий орех является лекарственным растением с большим количеством биологически активных веществ [6]. В состав околоплодника входят нафтохиноны, (юглон), биофлавоноиды, гликозиды, много витамина С и каротина, витамины В1, В6, Р, Е, эфирные масла, органические кислоты, дубильные вещества и др. [14]. Известно, что растение обладает противовоспалительным, глистогонным действием, умеренным сахаропонижающим, ранозаживляющим, бактерицидным, тонизирующим, противосклеротическим эффектами, легким слабительным и вяжущим свойствами; нормализует углеводный обмен; хорошо зарекомендовал себя при лечении лимфатических узлов, как антианемическое средство; регулирует функциональную деятельность ЖКТ, влияет на тонус блуждающего нерва, нормализует гастродуоденальную моторику и восстанавливает белковый обмен [9]. Перспективность использования лекарственного средства из ореха грецкого обуславливается тем, что биологически активные соединения, входящие в его состав, выступают природными агентами обмена веществ, не нарушают химический гомеостаз организма, характеризуются низкой токсичностью. Это приобретает социальный вес в нашей стране в условиях неблагоприятной окружающей среды, неконтролируемого использования населением лекарств и несбалансированности питания [1].

В грецком орехе калории гармонично сочетаются с богатым витаминным составом [5]. Продукт содержит витамины группы В, а также витамин А, С, Е, К, Н и РР [7]. Грецкие орехи выступают ценным источником бета-каротина и дубильных веществ. В химическом составе продукта присутствуют железо, калий, йод, магний, кальций, медь, фосфор и множество других полезных минералов. В составе продукта также есть природные антиоксиданты, которые блокируют поступление в организм радиации [4].

В составе орехоплодных нами были отмечены такие вещества как пищевые волокна, витамины. Основным витамином выступал Е [12]. Также присутствие отмечается минеральных, фенольных веществ, танинов, которые представлены галловой кислотой, эллаговой кислотой, эллагитанином. Также в ряде случаев определялись фитостеролы, в частности его подвид бета. Отдельные исследования показывают возможность присутствия противоопухолевого эффекта [10].

Кроме этого, плотная наружная оболочка грецкого ореха содержит в себе повышенный уровень питательной для организма клетчатки. Настой на отходах грецкого ореха может использоваться для терапии следующих болезней:

- бессонницы и при нарушениях сна;
- при недостаточном функционировании щитовидной железы;
- при воспалительных процессах верхних слоев эпидермиса;
- для снижения воспаления кровеносных сосудов;
- для снижения повышенного уровня холестерина в плазме человека и устранения атеросклеротических бляшек;
- для снижения увеличенного артериального давления [11].

Целью проведенного исследования является создание продуктов профилактического назначения для удовлетворения потребностей населения в высококачественных и безопасных продуктах, обладающих функциональной направленностью.

Материалы и методы. Материалы исследований – околоплодник грецкого ореха. Для исследования были взяты 3 сорта грецкого ореха отечественной селекции. Это сорт «Казахстанский», «Ак-Терекский островершинный» и сорт «Уйгурский».

Массовую долю жиров определяли по ГОСТ 8756.21-89 «Продукты пищевые. Определение массовой доли жиров». Образец массой 2 г помещали в химический стакан. С помощью стеклянной палочки 5 см³ этилового спирта пробу количественно переносят в фильтрующую делительную воронку. Смесь выдерживают 10 минут. Добав-

ляют 20 см³ экстракционной смеси, воронку закрывают пробкой и взбалтывают содержимое в течение 2 мин. Присоединяют воронку к ресиверу, включают водоструйный насос и отсасывают полученный жировой экстракт. Повторяют экстракцию еще дважды, заливая в воронку на пробу 15 см³ экстрагирующей смеси и встряхивают воронку в течение 1 мин. Вытяжки из приемника количественно переносят с 10 см³ экстракционной смеси в делительную воронку вместимостью 1000 см³. Добавляют 100 см³ дистиллированной воды и добавляют 3 г хлорида натрия. Встряхивают воронку с содержимым в течение 2 минут. После разделения слоев нижний слой хлороформа сливают в бутыл. Флакон с экстрактом помещают на водяную баню и выпаривают растворитель до исчезновения его запаха. Затем бутыл с остатком помещают в печь, предварительно нагретую до (100±5)°С, сушат при этой температуре в течение 10 минут, охлаждают в течение 25-30 минут в эксикаторе и взвешивают.

Массовую долю белков определяли по ГОСТ 26889-86 «Продукты пищевые. Определение массовой доли белков». Определение проводили методом Кьельдаля. Метод заключается в разрушении органических веществ нагреванием с серной кислотой в присутствии катализатора, добавлении избытка едкого натра, отгонке и титровании выделившегося аммиака.

Зольность определяли по ГОСТ Р 55960-2014 «Стандартный метод определения зольности». Тигель предварительно обжигали в муфельной печи при температуре 650 °С в течение 1 ч. Затем охлаждали до температуры окружающей среды в эксикаторе и определяли массу с точностью до 0,1 мг. Измельченную скорлупу грецкого ореха сушили до постоянной массы ±5 мг при температуре 150 °С в течение 3 часов. Высушенный образец ПО (в расчетном количестве, достаточном для получения золы массой примерно 0,1 г) помещали в обожженный тигель известной массы и взвешивали с точностью до 0,1 мг, после чего помещали в муфельную печь, нагретую до температуры 650 °С. Озоление проводили от 3 до 16 часов в зависимости от размера образца. Тигель с золой помещали в эксикатор и охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения образца в эксикатор медленно вводят воздух, чтобы избежать потери золы из тигля. Массу золы определяют с точностью до 0,1 мг.

Витамин А определяли согласно СТБ ЕН 12823-1-2014 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Исследуемый образец гомогенизировали. Образец весом 2 г, приготовленный для испытаний, омыляли при кипячении с обратным холодильником, предпочтительно в атмосфере азота, с использованием соответствующих количеств метанола и одного из растворов гидроксида калия. Перед добавлением раствора гидроксида калия к образцу добавляли антиоксиданты. Сульфид натрия также может быть добавлен для устранения окислительного каталитического действия остаточных металлов. Время омыления от 15 до 40 минут при температуре от 80 °С до 100 °С. Если после окончания омыления на поверхности охлажденной реакционной смеси присутствует жир или масло, то омыление продолжают после добавления дополнительного количества водно-этанольного раствора гидроксида калия.

Витамин Е определяли по ГОСТ ЕН 12822-2014 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Испытуемую пробу гомогенизировали. Скорлупу грецкого ореха размолотили и тщательно перемешали. Чтобы исключить длительное воздействие высоких температур, пробу охладили. Массовую долю витамина Е вычисляют по формуле.

Витамин С определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Метод основан на экстракции витамина С из пробы раствором метафосфорной кислоты, последующем восстановлении L(+) – дегидроаскорбиновой кислоты до L (+) – аскорбиновой кислоты и определении общего содержания L (+) – аскорбиновой кислоты ме-

тодом высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектированием при длине волны 265 нм. Навеску пробы массой 3 г, измеренной с точностью до 1 мг, поместили в мерную колбу вместимостью 100 см³, добавили 80 см³ раствора метафосфорной кислоты, тщательно перемешали, после чего объем в колбе довели до метки. Содержимое колбы снова перемешали, после чего профильтровали. Полученный раствор представляет собой экстракт из пробы. Проводится хроматографический анализ раствора пробы и градуировочного раствора при одинаковых объемах инъекции (до 50 мм). Обработку результатов проводим с использованием градуировочной характеристики.

Согласно ГОСТ EN 12823-2-2014 с применением метода высокоэффективной хроматографии жидкостного типа. Полученную пробу гомогенизировали. Это относилось также и к тому, что скорлупа была часто перемешанной. Для исключения длительного воздействия высоких температур образец охлаждали. Экстракцию каротина из раствора омыленной пробы проводят соответствующим растворителем или смесью растворителей, повторяя процедуру три-четыре раза объемами от 50 до 150 см³. Объединенный экстракт промывают водой до нейтральной среды (от 2 до 4 раз, от 50 до 150 см³). Соответствующие объемы (например, 20 мл) стандартного раствора и раствора испытуемого образца вводят в систему ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография). Для количественного определения внешнего стандарта определяют площадь или высоту пика и сравнивают результаты с соответствующими значениями стандартного вещества с ближайшей площадью/высотой пика или используют калибровочную кривую.

Результаты и обсуждение. Изучение физико-химических свойств и витаминного состава околоплодника грецкого ореха позволило выявить, что основными веществами, которые содержатся в околоплоднике ореха – это активные вещества биологического генеза, которые включают жиры, белки, клетчатку, золу и прочее. Алкалоиды и аминокислоты, а также кумарины и фенолкарбоновые кислоты присутствуют в скорлупе грецкого ореха. Состав околоплодника представлен на рисунке 1.

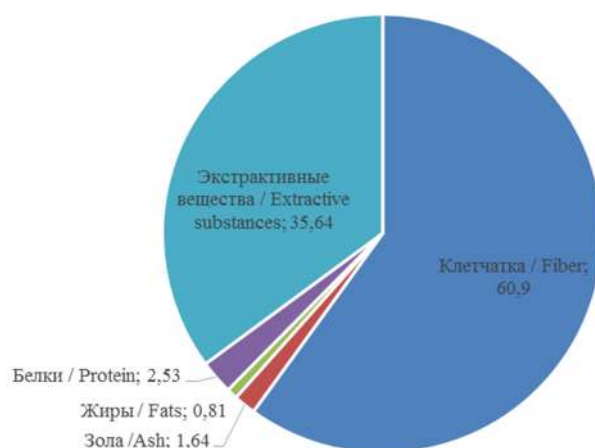


Рисунок 1 – Основной состав околоплодника грецкого ореха

Figure 1 – The main composition of the walnut tree

Исследования показывают, что околоплодник грецкого ореха содержит в больших количествах полезные питательные элементы. Эти элементы играют важную роль в физиологии человека.

Для проведения исследований отобраны образцы трех самых распространенных в республике сортов грецкого ореха: «Ак-Терекский островершинный», «Уйгурский» и «Казахстанский». В лаборатории Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (АФ ТОО «КазНИИПП») были определены физический и химический состав околоплодника.

На рисунке 2 приведен химический состав околоплодника грецкого ореха. Из рисунка видно, что содержание жира в околоплоднике очень мало – от 1,2 до 1,6 %. Зато достаточно содержание белка – в среднем 2,8 %, содержание золы в среднем – 1,5 %.

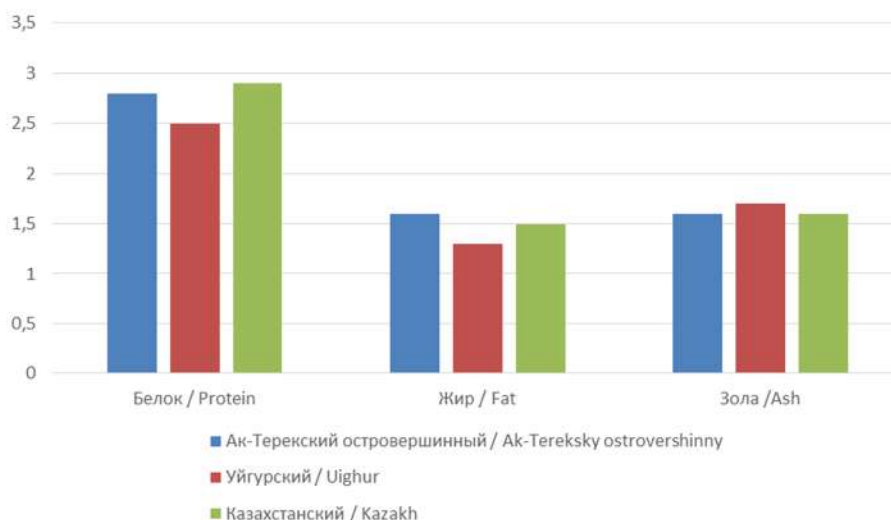


Рисунок 2 – Химический состав околоплодника грецкого ореха

Figure 2 – Chemical composition of walnut pericarp

Полученные результаты показывают присутствие в химическом составе околоплодника грецкого ореха витаминов С, Е, РР. Уровень содержания витаминов показан на рисунке 3.

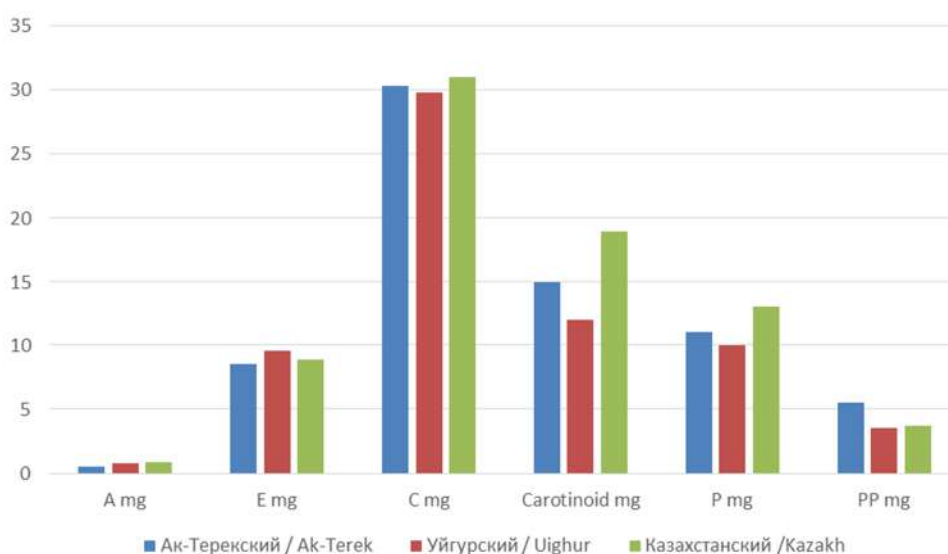


Рисунок 3 – Уровень содержания витаминов околоплодника грецкого ореха

Figure 3 – The level of vitamins of walnut pericarp

Из рисунка 3 видно, что витамина А в околоплоднике грецкого ореха не обнаружено. Содержание витамина Е колеблется в пределах 8,59 мг до 9,53 мг, содержание витамина С в исследуемых образцах находится в пределах 29,81-31 мг, каротиноиды – от 11,59 до 19 мг. По результатам видно, что околоплодник грецкого ореха содержит достаточное количество суточной нормы витаминов.

Выводы. По результатам физико-химических исследований видно, что выбранные нами сорта орехов относятся к высокосортным, выход ядра – от 47 до 50 %. В своем составе содержат жиры, белок и золу. Содержат витамин Е, витамин С, Р, РР и каротиноиды.

Ядровые составляющие грецкого ореха широко используются в пищевой промышленности, но околоплодные части зачастую утилизируются. При этом исследуемое сырье околоплодника является не только ценным сырьем, но также и обладает экологической чистотой, которая определяется как необходимое явление для применения в различных отраслях промышленности.

В нашей стране применение околоплодника грецкого ореха – малоизученная тема. В АФ ТОО «КазНИИППП» ведется работа по изучению отхода масличных культур, а именно околоплодника грецкого ореха. Наша задача изучить состав и свойства околоплодника и на ее основе разработать пищевую добавку.

В свою очередь, создание новых функциональных продуктов из отходов грецкого ореха позволяет не только экономить основное сырье, но и создавать новый или усиливать имеющийся положительный биологический эффект питания. Разработка технологии позволит получить безотходное производство.

Благодарность. Работа выполнена в рамках финансируемого проекта Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан №BR10764977-ОТ-21 «Использование нетрадиционных видов отходов грецкого ореха с целью получения продукта профилактического назначения». В заключении хотим выразить искреннюю благодарность всем участникам данного научного проекта за помощь и содействие в проведении экспериментальных исследований. Также выражаем огромную благодарность руководству и ученым АФ ТОО «КазНИИППП».

Библиографический список

1. Артюхова Л. В., Якуба Ю. Ф., Балапанов И. М. Оценка перспективных форм ореха грецкого селекции СКФНЦСВВ по качеству плодов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 55-65.
2. Аслонова И. Ж., Кароматов И. Д., Тураева Н. И. Химический состав грецкого ореха // Биология и интегративная медицина. 2019. № 10(38). С. 77-83.
3. Бочкарева З. А., Сушенцова А. И. Моделирование рецептур кексов с маслом грецкого ореха и экструдатом пшеничных отрубей // Инновационная техника и технология. 2019. № 3(20). С. 5-9.
4. Елеуов М. А., Сейтжанова М. А., Ченчик Д. И. Получение многослойных графенов из рисовой шелухи и скорлупы грецкого ореха // Горение и плазмохимия. 2018. Т. 16. № 1. С. 7-14.
5. Карпова С. С., Аль-Хачами Ф. Р. Х., Калаев В. Н. Цитозология ореха грецкого (*Juglans regia* L.) в условиях интродукции в Воронежской области // Проблемы региональной экологии. 2020. № 2. С. 45-51.
6. Копылов В. И., Корниенко П. С., Потанин Д. В. Совместимость сортов ореха грецкого с подвоем орех черный в условиях питомника // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 23(186). С. 14-21.
7. Корниенко П. С., Иванченко В. И., Потанин Д. В. Архитектоника корневой системы сеянцев ореха грецкого и ореха Черного при производстве саженцев ореха грецкого в условиях питомника // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 24 (187). С. 12-20.
8. Кружилин С. Н., Федоров Ю. П., Зеленков Н. П. Хлеб и лекарство сегодняшнего дня. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2021. 36 с.

9. Морозов Д. Е. Способы размножения ореха грецкого (обзор) // Селекция и сортоведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1-2. С. 111-113.
10. Назарько М. Д., Кириченко А. В., Шершнева В. А. Разработка биотехнологии трансформации околоплодников и листьев грецкого ореха для получения фитопрепарата // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
11. Хохлов С. Ю. Изучение морфологической изменчивости плодов и оценка перспективных сортов ореха грецкого // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 67. С. 273-277.
12. Чебышев Н. В., Мартмянова Л. О., Стрелева А. В. Изучение внешних признаков, микроскопии и химического состава перегородок грецкого ореха // Сеченовский вестник. 2018. № 4 (34). С. 60-69.
13. Экстракция биологически активных веществ из сырья ореха грецкого: современные подходы / В. В. Верниковский, Ж. В. Дайронас, И. Н. Зилфикаров, З. Д. Хаджиева // Фармация. 2019. Т. 68. № 1. С. 5-9.
14. Khokhlov S. Yu., Panyushkina E. S., Balapanov I. M. The identification of walnut cultivars from Nikita Botanical Gardens by SSR-markers // Acta Horticulturae. 2019. Vol. 1242. Pp. 515-520.

Информация об авторах

Садуакас Айгерим Садиековна, научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: aykon96@mail.ru

Нурыш Аида Бексултанкызы, магистр естественных наук, младший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: nur.aida@mail.ru

Султанова Мадина Жумахановна, магистр технических наук, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: sultanova.2012@mail.ru

Абдрахманов Хамза Абдуллович, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), mail: xake57@mail.ru

Акжанов Нурторе, магистр естественных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Аль-Фараби 47), e-mail: nurtore0308@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-33

WATER CONSUMPTION OF GRAPE SEEDLINGS UNDER DIFFERENT PLANTING TECHNOLOGIES ON DRIP IRRIGATION IN THE VOLGOGRAD REGION

M.V. Ratanov, V. S. Bocharnikov, S.M. Grigorov, E.N. Eronova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 01.07.2022

Submitted 30.08.2022

Summary

The issues of joint application of drip irrigation regime options with various planting technologies in combination with pre-planting treatment and mineral nutrition regimes of rooted cuttings for obtaining high-quality planting material of grapes are considered. The variants of a combination of factors that ensure a high yield of planting material that meets the requirements of the state standard for its quality have been identified.

Abstract

Introduction. At the present stage of development of viticulture in Russia, the task is to increase the area occupied by vineyards. For the efficient functioning of the industry, it is important that the production of seedlings in each individual farm be part of an integrated system for the production of planting material with the selection of cuttings from basic, free from viral and bacterial diseases of the mother liquors. **Object.** The object of the study is the drip irrigation of grapes with various planting technologies. **Materials and methods.** In a three-factor field experiment, we studied the planting technology (C_1 - planting in an earthen ridge, C_2 - in a furrow), drip irrigation regimes (with a differentiated threshold and moisture depth at the A_2 level - 80-80-70% HB in a layer of 0-0.4, 0-0.6 and 0-0.6 m, A_3 - 90-80-70% HB in the layer 0-0.4, 0-0.6 and 0-0.6 m), preplant preparation and mineral nutrition rooted cuttings of grapes (the main application to the soil of $P_{60}K_{60}$ with six-fold fertigation with nitrogen-phosphorus fertilizer – B_1 , with soaking of the cuttings in the root formation stimulator Ruther Bio - B_2 , and with foliar top dressing Reasil - B_3). **Results and conclusions.** The water consumption of rooted cuttings of grapes when planted in a roller was 5702...6826 m³/ha, while furrow planting - within 5380...6632 m³/ha. The difference in evapotranspiration values for irrigation options within one technology is 672...932 m³/ha, for fertilization and cuttings treatment options within one planting technology - 301...452 m³/ha, for planting technology options - 192...452 m³/ha with lower values at furrow planting technology. The highest survival rate of cuttings at the level of 84% and the yield of standard seedlings over 63% from open ground shoals on light chestnut soils of the Volgograd region is ensured by an irrigation regime with soil moisture threshold values of at least 90% HB in a layer of 0.0-0.4 m in rooting period, 80% HB in a layer of 0.0-0.6 m during the period of active growth of vines, and later 70% HB in a layer of 0.0-0.6 m - when cuttings are furrowed into a school with the use of organo-mineral fertilizers in the form of foliar treatments with the Reasil complex and preplant preparation of cuttings with the Ruther Bio stimulator (option $A_3B_3C_2$).

Key words: grape seedlings, planting technology, drip irrigation, irrigation regime, water consumption.

Citation. Ratanov M.V., Bocharnikov V.S., Eronova E.N. Water consumption of grape seedlings under different planting technologies on drip irrigation in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 285-297 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-33.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 628.16

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОСАДКИ НА КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М. В. Ратанов, старший преподаватель

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

С. М. Григоров, доктор технических наук, профессор

Е. Н. Еронова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.07.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Аннотация. Рассмотрены вопросы совместного применения вариантов режима капельного орошения при различных технологиях посадки в сочетании с предпосадочной обработкой и режимами минерального питания укореняемых черенков для получения качественного посадочного материала винограда. Выявлены варианты сочетания факторов, обеспечивающие высокий выход посадочного материала, отвечающего требованиям государственного стандарта к его качеству.

Актуальность. На современном этапе развития виноградарства России стоит задача увеличения площадей, занятых виноградниками. Для эффективного функционирования отрасли важно, чтобы производство саженцев в каждом отдельном хозяйстве являлось частью комплексной системы производства посадочного материала с отбором черенков из базисных, свободных от вирусных и бактериальных заболеваний маточников. **Объект.** Объектом исследования является капельное орошение винограда при различных технологиях посадки и разных режимах минерального питания с предпосевной обработкой черенков винограда. **Материалы и методы.** В трехфакторном полевом опыте изучали технологию посадки (C_1 – посадка в земляной валик, C_2 – в борозду), режимы капельного орошения (с дифференцированным порогом и глубиной увлажнения на уровне A_2 – 80-80-70 % НВ в слое 0-0,4, 0-0,6 и 0-0,6 м, A_3 – 90-80-70 % НВ в слое 0-0,4, 0-0,6 и 0-0,6 м), предпосадочную подготовку и минеральное питание укореняемых черенков винограда (основное внесение в почву $P_{60}K_{60}$ с шестикратной фертигацией азотно-фосфорным удобрением – B_1 , с замачиванием черенков в стимуляторе корнеобразования Рутер Био – B_2 , и некорневыми подкормками Реасил – B_3). **Результаты и выводы.** Водопотребление укоренившихся черенков винограда при посадке в валик составило 5702...6826 м³/га, при бороздковой посадке – в пределах 5380...6632 м³/га. Разница значений эвапотранспирации по вариантам орошения внутри одной технологии составляет 672...932 м³/га, по вариантам удобрения и обработки черенков внутри одной технологии посадки – 301...452 м³/га, по вариантам технологии посадки – 192...452 м³/га с меньшими значениями при технологии посадки в борозду. Наиболее высокая приживаемость черенков на уровне 84 % и выход стандартных саженцев свыше 63 % из школки открытого грунта на светло-каштановых почвах Волгоградской области обеспечивается поливным режимом с пороговыми значениями увлажнения почвы не ниже 90 % НВ в слое 0,0-0,4 м в период укоренения, 80 % НВ в слое 0,0-0,6 м в период активного роста лоз, а в дальнейшем 70 % НВ в слое 0,0-0,6 м – при бороздковой посадке черенков в школку с применением органо-минеральных удобрений в виде фолиарных обработок комплексом Реасил и предпосадочной подготовкой черенков стимулятором Рутер Био (вариант $A_3B_3C_2$).

Ключевые слова: саженцы винограда, технологии посадки винограда, капельное орошение винограда, режимы орошения винограда, водопотребление винограда.

Цитирование. Ратанов М. В., Бочарников В. С., Григоров С. М., Еронова Е. Н. Водопотребление саженцев винограда при различных технологиях посадки на капельном орошении в Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 285-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-33.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По различным оценкам в России ежегодная потребность в посадочном материале составляет от 10 до 20 млн шт. Соотношение же сортов складывается таким образом, что из всего производимого винограда лишь около 15 % приходится на продукцию столовых сортов, а остальная доля рынка компенсируется за счет привоза импортной продукции. Суровые условия перезимовки винограда диктуют повышенные требования к качеству посадочного материала, отсутствие в регионе карантинного вредителя – филлоксеры – в совокупности являются основанием для развития собственной питомниководческой базы виноградарей Волгоградской области [2, 8]. Высокий потребительский спрос на продукцию столового винограда, обширный сектор дачных массивов в регионе обосновывают актуальность исследований и необходимость создания технологии возделывания школки столовых сортов винограда в почвенно-климатических условиях региона [4].

На начальном этапе роста растений важно обеспечивать виноградарство незараженным посадочным материалом высокого качества по развитию каждого отдельно взятого растения [1]. Для этого маточники базисного посадочного материала закладыва-

ют материалом, освобожденным от вирусных, бактериальных, грибных и других заболеваний. Из этих базисных маточников разрешается дальнейшее размножение здоровых растений и выращивание посадочного материала по различным технологиям [3, 11].

До недавнего времени основным способом выращивания саженцев винограда был «траншейный» метод с поверхностным поливом. Целесообразно применение в виноградных школках полимерных (полиэтиленовых) пленок различного цвета и плотности, в том числе фоторазрушаемых. Этот метод широко распространился, с его помощью удалось добиться приживаемости черенков в школках открытого грунта свыше 50 %. Другие авторы, в т.ч. из научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства, изучали системы выращивания посадочного материала винограда с обустройством гряд или гребней. Поскольку известно, что в траншеях аккумулируется больше влаги, и она дольше сохраняется, мы решили провести сравнительный анализ и выявить преимущества и недостатки обоих способов выращивания посадочного материала с использованием капельного полива [7].

Мнение ученых единодушно в отношении применения стимуляторов корнеобразования и ростовых веществ при выращивании саженцев винограда. Поэтому нами в качестве второго изучаемого фактора были применены схемы с использованием препаратов. Авторы, изучавшие технологии получения посадочного материала винограда, свидетельствуют о резком возрастании выхода стандартных саженцев с применением современных агрохимикатов и комплексных удобрений. При этом из-за увеличения выхода стандартных саженцев их себестоимость снижается [5].

В рамках исследований многими учеными были изучены основные элементы технологии выращивания саженцев винограда, в том числе при капельном орошении, а также факторы, ограничивающие выход стандартных саженцев из школки и средства повышения этого показателя [6]. Однако в исследованиях не проводилось сравнительных оценок технологий посадки черенков при капельном орошении и выхода стандартных саженцев из школки при различных технологиях посадки, экономического сравнения технологий возделывания. Таким образом, объективно сложилась необходимость проведения таких исследований в Нижневолжском регионе [10, 12].

Целью исследований являлась разработка технологии выращивания саженцев винограда столового сорта Кодрянка при капельном орошении на светло-каштановых почвах Волгоградской области с обеспечением максимальной экономической эффективности.

Научная новизна заключается в обосновании элементов технологии посадки черенков винограда в школку и дальнейшего выращивания саженцев при различных технологиях посадки, предпосадочной подготовки черенков, определении зависимости суммарного водопотребления от водного режима почвы при капельном орошении, установлении влияния водообеспеченности и доз органо-минерального питания с применением препаратов Рутер Био и Реасил на уровень выхода и биометрические показатели саженцев в виноградной школке.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2013-2015 гг. Схема опыта включала два варианта по технологии посадки черенков, два варианта по режиму орошения и три варианта по удобрению в сочетании с применением стимулятора корнеобразования. Для посадки брали черенки широко распространенного в Нижневолжском и соседних регионах столового сорта винограда Кодрянка. Учетные делянки размещали систематически, повторность – трехкратная, площадь каждой делянки – 10 м².

Согласно технологической схеме С₁, агрегат в сцепке с трактором МТЗ-80 нарезал валики на расстоянии 1,4 м друг от друга, высотой 0,3 м, шириной 0,4 м. По центру прокладывали капельную линию, по обе стороны от нее на расстоянии 0,1 м высажива-

ли черенки лентами с интервалом 0,07 м. Согласно схеме С₂, агрегат нарезал борозды глубиной 0,25 м на расстоянии 1,4 м друг от друга, в центр борозды прокладывали капельную линию, которую закрывали черной мульчирующей пленкой. По обе стороны от нее на расстоянии 0,1 м высаживали черенки, также соблюдая интервал 0,07 м. В обеих технологиях поверх капельной линии применяли одинаковую черную полиэтиленовую пленку как мульчирующий элемент. Норма посадки черенков по обеим технологическим схемам составляла 205 780 шт./га.



Рисунок 1 – Технологические схемы посадки виноградных черенков:

С1 – в земляной валик, С2 – в борозду

Figure 1 – Technological schemes for planting grape cuttings:

С1 - into the earthen roller, С2 - into the furrow

В каждой технологии посадки изучали по два режима орошения:

А₂ – проведение поливов капельным способом при снижении влажности почвы до 80 % НВ в период укоренения в слое 0-0,4 м, в период активного роста лоз – в слое 0-0,6 м, в период вызревания – до 70 % НВ в слое 0-0,6 м;

А₃ – проведение поливов капельным способом в период укоренения при снижении влажности почвы в слое 0-0,4 м до 90 % НВ, в период активного роста лоз в слое 0-0,6 м до 80 % НВ, а в последующем - до 70 % НВ в слое 0-0,6 м.

Эффективность применения органо-минеральных удобрений и стимулятора корнеобразования изучали в трех вариантах:

В₁ – внесение под осеннюю вспашку фосфорно-калийных удобрений Р₆₀К₆₀. В фазе 2-3 листа и далее с интервалом 14 дней шестикратно фертигация N₂₀P₅ карбамидом и ортофосфорной кислотой;

В₂ – внесение минеральных удобрений по схеме В₁ + замачивание нижних концов черенков в стимуляторе Рутер Био на 3 ч;

В₃ – внесение минеральных удобрений и обработка в стимуляторе по схеме В₂ + с фазы 3 листьев некорневая обработка органо-минеральным комплексом Реасил в дозе 10 мл/10 л воды трехкратно с интервалом 14 дней.

Исследования проводили в УНПЦ «Горная поляна» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ Советского района г. Волгограда. Климат территории резко континентальный засушливый. Среднегодовая сумма осадков 360 мм, ГТК = 0,6. Почвы опытного участка светло-каштановые малогумусные в комплексе с агросолонцами светлыми [9]. Содержание гумуса в пахотном слое 1,83 %, pH 7,8, обеспеченность минеральным азотом низкая (1,1 мг/100 г почвы), подвижным фосфором низкая (0,62 мг/100 г почвы), обменным калием средняя (19,0 мг/100 г почвы). По условиям увлажнения годы исследований были: 2013 – влажным, 2014 – средnezасушливым, 2015 – слабозасушливым.

Статистический анализ полученных данных проводили в программе Statistica 10.

Заготовку черенков проводили согласно Системе производства безвирусного посадочного материала в РФ в сертифицированном питомнике по заготовке базового посадочного материала. Все маточные насаждения питомника свободны от вирусных заболеваний и других патогенов.

Черенки связывали в пучки по 50 шт., на них навешивали бирки с указанием сорта, даты нарезки черенков и даты укладки на хранение. Пучки формировали в партии по 10 штук, укладывали в хранилище и засыпали слоем влажного речного песка от 7 до 10 см. Каждая партия имела бирку, где указывали название сорта, количество пучков, откуда был взят посадочный материал, дату закладки на хранение. Предпосадочная подготовка черенков осуществлялась за 14 дней до высадки и заключалась в проведении следующих операций:

- вымачивание черенков в чистой воде в течение 24 ч.;
- нарезка лоз большего размера на трехглазковые черенки;
- кильчевание лоз в кильчеваторе;
- вымачивание в растворах инсектицида и фунгицида: БИ-58 – экспозиция 15 мин, железный купорос 4 % - 1 ч.;
- во втором и третьем варианте по удобрениям и применению стимуляторов роста проводили вымочку нижних концов черенков в стимуляторе роста корней Рутер Био на 3 часа. Концентрацию стимулятора брали 50 мл препарата на 1 л воды.

После проведения предпосадочной подготовки черенков проводили их высадку в заготовленные гряды и траншеи в течение 24 ч. Черенок, подготовленный к посадке в школку, имел древесину светло-зеленого цвета, что означает правильное хранение и высокую способность к укоренению. В результате такой подготовки черенки имели зачатки корней в области пятки вследствие процесса кильчевания, были освобождены от возможного заражения филлоксерой, виноградным клещом, а также грибными заболеваниями: оидиумом, мильдью, антракнозом.

Результаты и обсуждение. После посадки черенков наиболее важным мероприятием в виноградном питомнике является проведение регулярных поливов. Частота поливов обеспечивалась бесперебойной подачей воды по вариантам опыта. Режимы орошения формировались из количества поливов, проведенных поливными нормами, определенными расчетным путем, в сроки, определенные по показаниям иррометров (таблица 1). Поскольку количество поливов и нормы при первой (B_1) и второй (B_2) схемах применения удобрений совпали, при расчете оросительных норм и суммарного водопотребления эти варианты были объединены.

В варианте A_2 поливные нормы в период укоренения составляли $130 \text{ м}^3/\text{га}$, активного роста – $150 \text{ м}^3/\text{га}$, окончания роста – $200 \text{ м}^3/\text{га}$. В варианте A_3 поливные нормы в период укоренения составляли $110 \text{ м}^3/\text{га}$, активного роста – $150 \text{ м}^3/\text{га}$, вызревания – $200 \text{ м}^3/\text{га}$. При посадке черенков в школку во всех вариантах опыта давали предварительный полив нормой $100 \text{ м}^3/\text{га}$. Такая норма оптимальна для промачивания верхнего слоя почвы, куда производили посадку черенков. В октябре перед выкопкой саженцев производили технологический полив нормой $150 \text{ м}^3/\text{га}$, что также учитывали при расчете оросительной нормы.

Диапазон оросительных норм в целом при возделывании виноградной школки находится в пределах $3250...4800 \text{ м}^3$ оросительной воды на 1 га. Наиболее высокие оросительные нормы были в варианте A_3B_3 при технологии возделывания школки C_1 . Наименьшая оросительная норма $3350 \text{ м}^3/\text{га}$ была в варианте орошения $A_2 (B_1 \text{ и } B_2)$ при технологии возделывания C_2 . Разница между вариантами по режиму орошения достигала $300-450 \text{ м}^3$ воды на 1 га. В целом средние оросительные нормы были ниже при технологии возделывания школки в борозде. Разница между технологиями C_1 и C_2 по вариантам опыта достигала $200-460 \text{ м}^3/\text{га}$, с более низкими значениями при технологии посадки в борозду.

Капельное орошение в целом создавало благоприятный водно-воздушный режим для укоренения и дальнейшего роста черенков. На протяжении 6-7 недель от посадки длится процесс укоренения. В это время черенки усиленно теряют влагу и важно,

чтобы влажность почвы оставалась на оптимально высоком уровне без скачков и колебаний. После этого наступает период активного роста листовой массы, которая постепенно вступает в активную транспирацию, и суммарное водопотребление поля резко возрастает. Таким образом, период активного роста виноградной школки продолжается до начала третьей декады августа. Среди комплекса агротехнических мероприятий на виноградной школке чеканка побегов призвана сдерживать резко нарастающую транспирацию. При этом растения должны расти не только линейно, но и наращивать диаметральные размеры.

Таблица 1 – Количество поливов и поливные нормы по вариантам опыта в среднем за годы исследований*

Table 1 – Number of irrigations and irrigation rates by experimental variants on average for the years of research*

Вариант опыта / Experience option	V	VI	VII	VIII	IX	X	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Кол-во поливов, шт. / Number of waterings
A ₂ B ₁ C ₁ A ₂ B ₂ C ₁	1/100 4/130	7/130	8/150	4/200	-	1/150	3680	25
A ₃ B ₁ C ₁ A ₃ B ₂ C ₁	1/100 5/110	10/110	12/150	4/200	-	1/150	4500	33
A ₂ B ₃ C ₁	1/100 4/130	7/130	11/150	4/200	-	1/150	4130	28
A ₃ B ₃ C ₁	1/100 5/110	10/110	14/150	4/200	-	1/150	4800	35
В среднем по варианту / On average by variant A ₂ :							3830	26
В среднем по варианту / On average by variant A ₃ :							4600	34
A ₂ B ₁ C ₂ A ₂ B ₂ C ₂	1/100 3/130	7/130	8/150	3/200	-	1/150	3350	23
A ₃ B ₁ C ₂ A ₃ B ₂ C ₂	1/100 4/110	10/110	12/150	3/200	-	1/150	4190	31
A ₂ B ₃ C ₂	1/100 3/130	6/130	11/150	3/200	-	1/150	3670	25
A ₃ B ₃ C ₂	1/100 4/110	11/110	14/150	3/200	-	1/150	4600	34
В среднем по варианту / On average by variant A ₂ :							3460	24
В среднем по варианту / On average by variant A ₃ :							4330	32

* В числителе – число поливов, в знаменателе – поливная норма, м³/га

* Numerator - number of irrigations, denominator - irrigation rate, m³/ha

Водопотребление виноградной школки в среднем за годы исследований представлено в таблице 2 и на рисунках 2, 3.

Значения этого показателя заметно варьировали по годам, в зависимости от складывавшихся погодных условий. Запасы почвенной влаги в среднем за годы исследований составляли 207...219 м³/га, сумма атмосферных осадков – 1815 м³/га. Максимальное значение суммарного водопотребления достигалось при технологии С₁ в варианте А₃В₃, оно составило 6826 м³/га, минимальным значение было в вариантах А₂(В₁,В₂) при технологии возделывания С₂ и составило 5380 м³/га.

Нарастающий итог потребности школки в воде в течение вегетации при различных технологиях посадки представлен на рисунках 2 и 3.

Таблица 2 – Суммарное водопотребление виноградной школки по вариантам опыта и применяемым технологиям в среднем за годы исследований

Table 2 – The total water consumption of the grape school by experience options and applied technologies on average over the years of research

Показатель структуры суммарного водопотребления / Indicator of the structure of total water consumption	Вариант опыта / Experience option							
	A ₂ B ₁ C ₁ A ₂ B ₂ C ₁	A ₃ B ₁ C ₁ A ₃ B ₂ C ₁	A ₂ B ₃ C ₁	A ₃ B ₃ C ₁	A ₂ B ₁ C ₂ A ₂ B ₂ C ₂	A ₃ B ₁ C ₂ A ₃ B ₂ C ₂	A ₂ B ₃ C ₂	A ₃ B ₃ C ₂
Почвенные запасы влаги, м ³ /га / Soil moisture reserves, m ³ /ha	207	210	209	211	215	218	217	219
Атмосферные осадки, м ³ /га / Atmospheric precipitation, m ³ /ha	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815
Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	3680	4500	4130	4800	3350	4190	3670	4600
Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	5702	6525	6154	6826	5380	6223	5702	6634

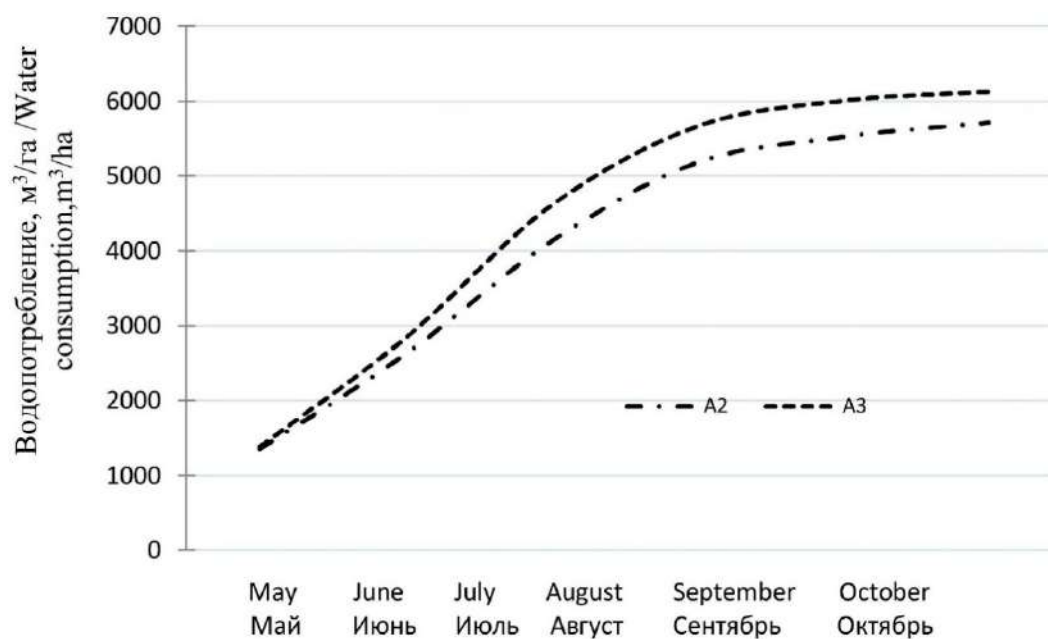


Рисунок 2 – Водопотребление виноградной школки в вариантах орошения при технологии посадки С₁

Figure 2 – Water consumption of grape vines in irrigation options with C₁ planting technology

Период наиболее интенсивного роста лоз наблюдался во всех вариантах опыта с конца июня до середины августа. В это время у растений наиболее высокая потребность во влаге. Экономия поливной воды по сравнению со схемой С₁ достигалась на первом этапе – в период укоренения (май) и в период вызревания лоз (август).

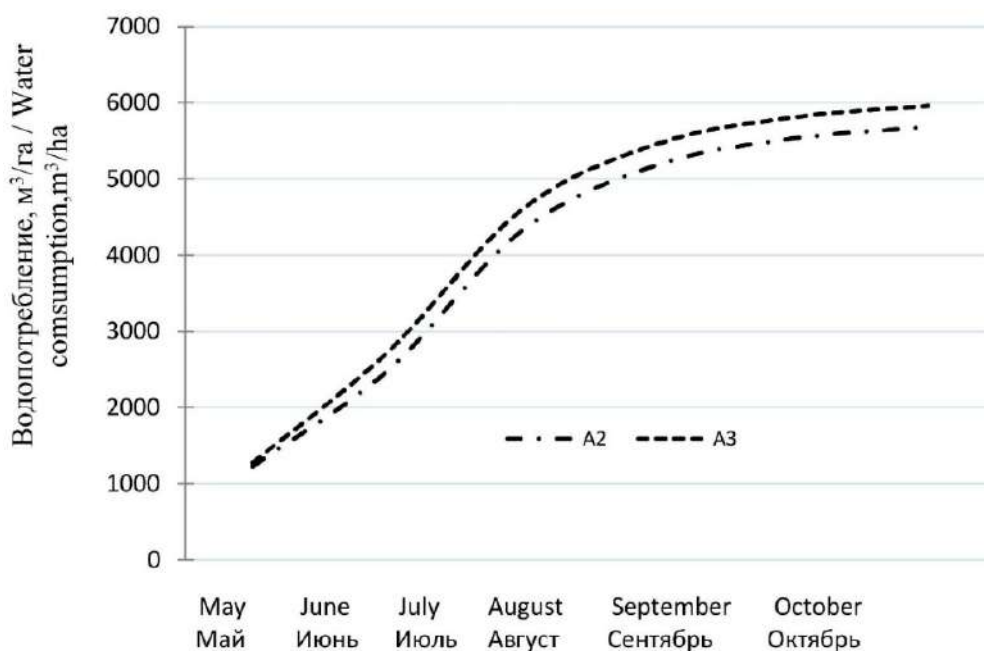


Рисунок 3 – Водопотребление виноградной школки в вариантах орошения при технологии посадки C_2

Figure 3 – Water consumption of grape vines in irrigation options with C_2 planting technology

Периодом в рамках фаз вегетации виноградной школки, в который требуется больше всего влаги, является время от посадки до завершения стадии укоренения, он продолжается в среднем 50 дней. В этот период эвапотранспирация достигает 2329...2727 $m^3/га$, что составляет от 39,07 до 40,85 % от эвапотранспирации за весь период вегетации. Наиболее коротким периодом в рамках вегетации виноградной школки – в среднем 15 дней – является период от завершения активного роста и переход к вызреванию лоз, когда они покрываются твердой корой перед наступлением зимнего периода. Образование коры у растений винограда в Волгоградском регионе начинается в конце июля – первой декаде августа. У сорта Кодрынка оно происходит быстро, на что требуется от 10 до 14 дней.

Среднесуточное водопотребление виноградных растений в фазу от посадки до укоренения по вариантам опыта при технологии возделывания школки C_1 колебалось от 40,64 до 54,56 $m^3/га$. Период максимального среднесуточного водопотребления – от завершения укоренения до прекращения активного роста, он длится в среднем 31 день и календарно выпадает на июль. В это время значения среднесуточного водопотребления находятся в пределах 61,03-80,32 $m^3/га$ по вариантам опыта. Максимальные значения (76,39 и 80,32 $m^3/га$) были зафиксированы в варианте орошения A_3 с применением фоновых удобрений, стимулятора корнеобразования и внекорневых подкормок, соответственно. Минимальное среднесуточное водопотребление наблюдалось в окончательный период – от вызревания древесины лоз до уборки. Этот период наиболее продолжительный, он длится с середины августа до второй декады октября, в среднем по годам 66 дней. Значения среднесуточного водопотребления в это время составляет 13,17 $m^3/га$.

Тенденция высокого водопотребления в фазы вегетации посадка – укоренение и укоренение – активный рост при технологии возделывания школки C_2 сохранялась. Водопотребление виноградной школки в эти периоды варьировало от 2063 до 2514 и от 1748 до 2590 $m^3/га$ соответственно. Наиболее высокие цифры водопотребления были в варианте

капельного орошения A_3 в сочетании со схемой применения удобрений B_3 . Среднесуточное водопотребление в эти периоды варьировало от 41,20 до 50,20 и от 56,35 до 83,45 м³/га соответственно. Наименьшие показатели среднесуточного водопотребления полем были в конце периода вегетации и составляли 15 м³/га. В усредненном формате среднесуточное водопотребление полем, занятым школкой виноградных саженцев, было на уровне 39 м³/га при технологии возделывания C_2 и 37 м³/га при технологии возделывания C_1 .

Приживаемость черенков и количество стандартных саженцев на выходе из школки, а также количество воды, пошедшее на выращивание одного стандартного саженца (K_B) по вариантам опыта, в зависимости от технологии посадки в среднем за годы исследований, показано в таблице 3.

Таблица 3 – Приживаемость и количество стандартных саженцев в расчете на 1 га

Table 3 – Taking root and the number of standard seedlings per 1 hectare

Вариант опыта / Experience option	Прижилось / Got accustomed		Стандартных саженцев / Standard seedlings			K_B , м ³ /шт. / K_v , м ³ /piece
	тыс. шт. /thousand pieces	%	тыс. шт. /thousand pieces	% от посаженных /% of planted	% от прижившихся / % of accustomed	
$A_2B_1C_1$	138,6	67,3	51,2	24,9	37,0	0,072
$A_2B_2C_1$	147,9	71,9	66,1	32,1	44,7	0,058
$A_2B_3C_1$	149,9	72,9	73,6	35,8	49,1	0,056
$A_3B_1C_1$	143,3	69,6	65,9	32,0	46,0	0,068
$A_3B_2C_1$	157,6	76,6	81,8	39,8	51,9	0,055
$A_3B_3C_1$	159,8	77,7	92,9	45,1	58,1	0,052
$A_2B_1C_2$	148,8	72,3	60,5	29,4	40,7	0,055
$A_2B_2C_2$	164,1	79,7	77,3	37,6	47,1	0,043
$A_2B_3C_2$	168,0	81,6	87,8	42,7	52,3	0,042
$A_3B_1C_2$	155,0	75,3	79,5	38,6	51,3	0,053
$A_3B_2C_2$	176,3	85,7	98,3	47,8	55,8	0,043
$A_3B_3C_2$	182,6	88,7	110,1	53,5	60,3	0,042

2013...2014...2015 г

$HCP_{05} = 1,314... 1,670... 0,665$

$HCP_{05A} = 0,536... 0,682... 0,272$

$HCP_{05B} = 0,657... 0,835... 0,333$

$HCP_{05C} = 0,536... 0,682... 0,272$

2013...2014...2015 г

$HCP_{05} = 1,603... 0,833... 1,164$

$HCP_{05A} = 0,654... 0,340... 0,475$

$HCP_{05B} = 0,801... 0,417... 0,382$

$HCP_{05C} = 0,654... 0,340... 0,475$

При технологии C_1 средняя приживаемость черенков в варианте орошения A_2 составила 70,7 %, в варианте A_3 – 74,6 %; при внесении удобрений и стимуляторов в среднем по схеме B_1 – 68,5 %, B_2 – 74,2 %, B_3 – 72,9 %. На выходе из школки получено стандартных саженцев в A_2 – 63,6 тыс. шт. На выходе из школки получено стандартных саженцев в A_2 – 63,6 (43,6 % от числа прижившихся), A_3 – 80,2 тыс. шт. (52,0 %); B_1 – 58,6 тыс. шт. (41,5 % от числа прижившихся), B_2 – 74,0 тыс. шт. (48,3 %), B_3 – 83,2 тыс. шт. (53,6 %). При технологии C_2 средняя приживаемость черенков в варианте орошения A_2 составила 77,9 % и в варианте A_3 – 83,2 %. В вариантах с внесением удобрений и применением стимуляторов роста по схеме B_1 приживаемость в среднем составляла 73,8 %, по схеме B_2 – 82,7 %, B_3 – 85,2 %. На выходе из школки получено стандартных саженцев в A_2 75,2 тыс. шт. (46,7 % от прижившихся), в A_3 – 96,0 тыс. шт., что составило 55,8 % от числа прижившихся. В среднем в вариантах с применением удобрений и стимуляторов по схеме B_1 был достигнут выход стандартных саженцев на уровне 70,0 тыс. шт., что составило 46,0 % от прижившихся, B_2 – 87,8 тыс. шт. (51,42 % от прижившихся), B_3 – 99,0 тыс. шт. (56,3 % от прижившихся).

Применение стимулятора корнеобразования Рутер Био увеличивало укореняемость, а следовательно, и приживаемость черенков в целом по вариантам на 7-14 % и выход стандартных саженцев – на 24-29 % по сравнению с фоновым внесением удобрений. Внекорневые подкормки поликомпонентным комплексом Реасил способствовали повышению приживаемости саженцев ещё на 2-4 %, а выхода стандартных саженцев – на 11-14 %. Совокупное применение препаратов Рутер Био и Реасил повысило приживаемость на 8-18 % и выход стандартных саженцев – на 38-45 % по сравнению с вариантом внесения фоновых удобрений.

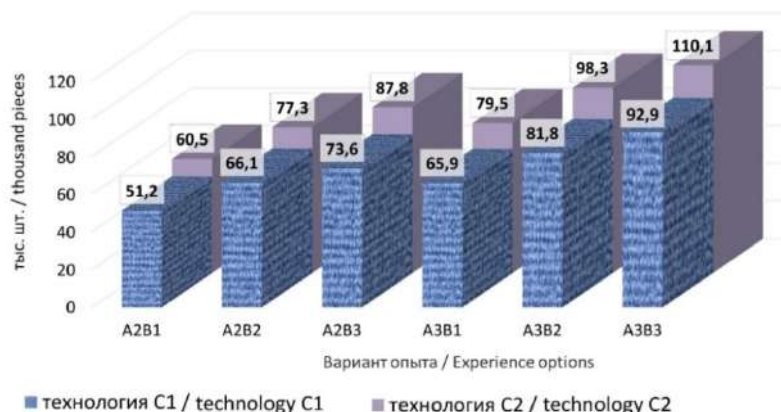


Рисунок 4 – Количество стандартных саженцев на выходе из школы по вариантам опыта в среднем за годы исследований

Figure 4 – The number of standard seedlings at the exit from the school by experience options on average over the years of research

Коэффициент водопотребления саженцев винограда при технологии возделывания C_1 в варианте орошения A_2 варьировал в пределах 72...58...56 л поливной воды на 1 растение; в варианте капельного орошения A_3 – 68...55...52 л поливной воды на 1 растение за сезон. Максимальные значения этого показателя проявляются, если применяется только фоновое внесение удобрений путем фертигации. При технологии возделывания школы C_2 суммарное водопотребление было ниже, чем при технологии C_1 притом, что выход саженцев был выше. Это привело к существенной экономии расхода поливной воды на выращивание одного высококачественного саженца. Так, в варианте орошения A_2 коэффициент водопотребления виноградной школы варьировал в пределах 55...43...42 л/раст., в варианте A_3 – 53...43...42 л/раст. за сезон.

Самое значительное уменьшение значений K_B , а значит более рациональное потребление оросительной воды зафиксировано при схеме применения удобрений B_3 , где наряду с фоновым применением минеральных удобрений использовали стимулятор корнеобразования Рутер Био и внекорневые подкормки органо-минеральным комплексом Реасил – на 11...16 л за поливной сезон на одно растение или 21...25 % в сравнении со схемой применения только фоновых удобрений B_1 . Применение технологии возделывания школы в борозде C_2 позволило сэкономить 10...16 л поливной воды на одно растение (19...26 %) в сравнении со схемой посадки в насыпной валик C_1 . За счет режима орошения экономия поливной воды составляла до 4 л/раст. (до 8 %) и наблюдалась на вариантах A_3 (поддержание влажности почвы на уровне 90 % НВ в слое 0-0,4 м в период укоренения, 80 % НВ в слое 0-0,6 м в период активного роста лоз и 70 % НВ в слое 0-0,6 м в период вызревания) по сравнению с вариантами A_2 (поддержание влажности почвы на уровне 80 % НВ в слое 0-0,4 м в период укоренения, в слое 0-0,6 м в период активного роста лоз и 70 % НВ в слое 0-0,6 м в период вызревания).

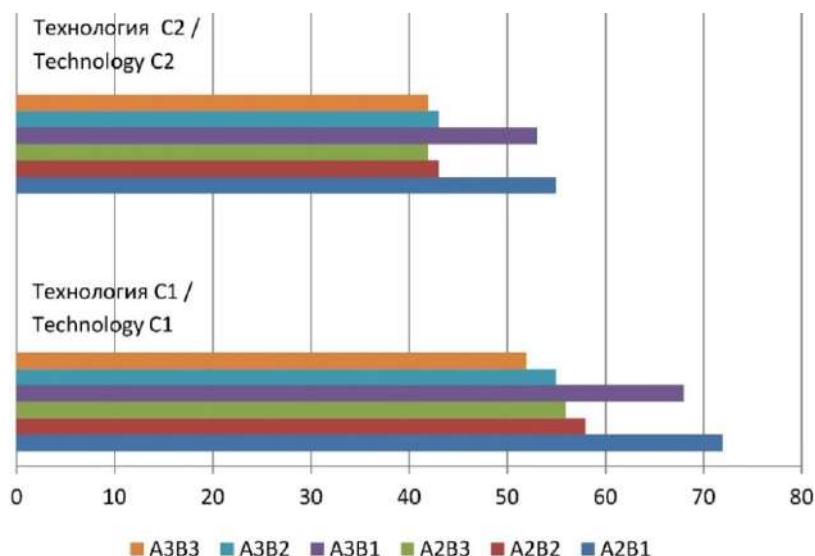


Рисунок 5 – Коэффициент водопотребления виноградной школки при технологии возделывания C₁ и C₂ в среднем за годы исследований

Figure 5 – The coefficient of water consumption of a grape school with cultivation technology C₁ and C₂ on average over the years of research

Выводы. Для обеспечения режима увлажнения почвы на уровне 80 % НВ в слое 0-0,4 м от посадки до полного укоренения черенков и в слое 0-0,6 м в период активного роста, в дальнейшем на уровне 70 % НВ в слое 0-0,6 м в технологии с земляным валиком проводить поливы нормами 130, 150 и 200 м³/га соответственно в количестве 11, 8-11 и 4 шт.; при технологии посадки в борозду – 9-10, 8-11 и 2 шт. Для обеспечения режима влажности почвы в слое 0-0,4 м в период укоренения на уровне 90 % НВ, в период активного роста на уровне 80 % НВ в слое 0-0,6 м и в дальнейшем 70 % в технологии с земляным валиком проводить поливы нормами 110, 150 и 200 м³/га в количестве 15, 12-14 и 4 поливов, в борозду – 14-15, 12-14 и 3 полива соответственно. Поливные режимы обеспечиваются оросительными нормами 3250...4800 м³/га. Кроме того, на всех вариантах должны проводиться: посадочный полив нормой 100 м³/га и технологический полив перед выкопкой нормой 150 м³/га. Технология посадки черенков в борозду позволяет экономить до 460 м³ воды на 1 га орошаемой площади.

Благодаря проведению вегетационных поливов влажность почвы в заданных слоях 0-0,4 и 0-0,6 м во всех вариантах орошения в течение вегетации не опускалась ниже запланированных пороговых значений 90, 80 и 70 % НВ. Водопотребление укоренившихся черенков винограда при посадке в валик составило 5702...6826 м³/га, при бороздковой посадке – в пределах 5380...6632 м³/га. Разница значений эвапотранспирации по вариантам орошения внутри одной технологии составляет 672...932 м³/га, по вариантам удобрения и обработки черенков внутри одной технологии посадки – 301...452 м³/га, по вариантам технологии посадки – 192...452 м³/га с меньшими значениями при технологии посадки в борозду.

Наиболее высокая приживаемость черенков на уровне 89 % и выход стандартных саженцев свыше 60 % из школки открытого грунта на светло-каштановых почвах Волгоградской области обеспечиваются поливным режимом с пороговыми значениями увлажнения почвы не ниже 90 % НВ в слое 0,0-0,4 м в период укоренения, 80 % НВ в слое 0,0-0,6 м в период активного роста лоз, а в дальнейшем 70 % НВ в слое 0,0-0,6 м – при бороздковой посадке черенков в школку с применением органико-минеральных удобрений в виде фоллиарных обработок комплексом Реасил и предпосадочной подготовкой черенков стимулятором Рутер Био (вариант А₃В₃С₂).

Библиографический список

1. Бирюк Е. Г. Объекты учета расходов на производство продукции виноградарства // Проблемы современной науки. 2014. № 12-2. С. 10-17.
2. Дутова А. В., Пятикопов С. М. Инновационные технологии мелиораций в виноградарстве Юга России // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 4 (24). С. 112-115.
3. Дутова А. В. Тензиометрический метод контроля влажности почвы в виноградарстве // Известия Дагестанского ГАУ. 2021. № 1 (9). С. 68-75.
4. Курапина Н. В., Никольская О. А. Выход стандартных саженцев амурского винограда (*Vitis amurensis*) на светло-каштановых почвах // Орошаемое земледелие. 2019. № 1. С. 46-49.
5. Майбородин С. В. Выращивание корнесобственных саженцев винограда // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 6-1 (96). С. 158-160.
6. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины "Дон-К" / О. В. Козинская, В. С. Бочарников, А. Л. Кальянов, Р. З. Киселева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 490-498.
7. Оптимизация основных параметров трубчатых оросительных систем / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, С. В. Тронева, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 303-309.
8. Перспективы развития виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе / А. С. Овчинников, В. В. Бородачев, М. Ю. Храбров, В. М. Гуренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 6-13.
9. Химические свойства почв УНПЦ «Горная Поляна» / А. А. Околелова, Г. С. Егорова, В. Ф. Желтобрюхов, Н. А. Рахимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 69-72.
10. Экологически безопасная технология влагосбережения в виноградарстве / М. Р. Бейбулатов, Н. А. Урденко, Н. А. Тихомирова, Р. А. Буйвал // Экологический вестник Северного Кавказа. 2020. Т. 16. № 3. С. 48-54.
11. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 012008.
12. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.

Информация об авторах

Ратанов Максим Васильевич, старший преподаватель кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), +7 (8442) 41-81-78, e-mail: ratanovgau@yandex.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84 e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Григоров Сергей Михайлович, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), +7 (8442) 41-81-78, e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Еронова Елена Николаевна, доцент кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, +7 (8442) 41-81-78, e-mail: eronelen@gmail.com

MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION OF STRAINS OF BACTERIA-ANTAGONISTS OF PHYTOPATOGENS

V.P. Terletskiy^{1,2}

¹State Autonomous Educational Institution of Higher Education of the Leningrad Region

«Leningrad State University named after A.S. Pushkin», St. Petersburg, Pushkin

²Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Institute of Plant Protection» St. Petersburg, Pushkin

Received 13.06.2022

Submitted 15.07.2022

The work was carried out under the State Assignment AAAA-A20-120091400021-2

Summary

The article is devoted to application of molecular genetic approach (DDSL - double digest and selective label) for fast and inexpensive identification of bacterial strains which are used as antagonists suppressing phytopathogenic microorganisms. Results demonstrate a potential for routine usage of this technique. It based on generation of genetic profile specific for each bacterial strain certifying its origin

Abstract

Introduction. Microbiological methods of plant protection from phytopathogens and insect pests have recently acquired particular importance due to the global trend towards the use of environmentally friendly food products. Among such microorganisms, strains of *Xenorhabdus nematophila* and *Bacillus thuringiensis* can be underlined. The industrial use of these bacteria requires regular confirmation of their authenticity to the original patented originals from the established collections of beneficial microorganisms. **Object.** The object of research are isolates of bacteria belonging to two different species – *Xenorhabdus nematophila* and *Bacillus thuringiensis*. The former being a part of intestine microbiota in soil nematodes is able to produce secondary metabolites deadly for harmful insects. The latter possesses valuable feature – under appropriate conditions it produces spores which are highly stable and constitute a functionally active part of bio-preparations. **Materials and methods.** The previously developed method for genetic certification of bacterial strains, based on double digest and selective label of DNA fragments (DDSL), was used for molecular-genetic identification of strains of these two species. The method uses two restriction endonucleases simultaneously, one produces “sticky” ends that can be labeled with biotinylated deoxycytosine triphosphate, and the other produces blunt ends that are not capable of incorporating the label. As a result, out of thousands of DNA fragments, only a limited number will carry the tag; the number and distribution of such labeled fragments after electrophoresis in a conventional agarose gel is easily visualized on a nylon filter. The set of fragments is characteristic for each bacterial strain and is a sort of genetic certificate. The aim of the work was to apply this method to identify strains of two bacterial species. **Results and conclusion.** Using *Bacillus thuringiensis* as an example, it was demonstrated that the resolution of the method depends on the number of detected DNA fragments. For example, *SgrAI/Eco24I* enzyme pair generates more than 25 fragments whereas *SgsI/Eco32I* – just a few bands. The higher number of bands the better resolving power of any technique. In case of application of *SgrAI/Eco24I* all isolates were discriminated into distinct genotypes except pair ЕП-Е isolates. In contrast, *SgsI/Eco32I* generating a small number of bands did not resolve most strains. As for entomopathogenic bacteria *Xenorhabdus nematophila* the optimal pair of enzymes was a combination of restriction endonucleases *SgsI/Eco32I*. Application of *SgsI/Eco32I* enzymes in *Xenorhabdus nematophila* revealed the identity of the C/s and P strains, while the J strain differed significantly from them. DDSL method makes it possible to identify rearrangements in the genomic DNA for the certification of strains of beneficial bacteria producing bioinsecticides and having antagonistic activity. Thus, this typing technique can be a valuable tool in identification of bacterial strains having antagonistic activity and nowadays used commercially.

Key words: *genotyping, DNA, bacterial strains, producers, bioinsecticides.*

Citation. Terletskiy V.P. Molecular-genetic identification of strains of bacteria-antagonists of phytopathogens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 298-305 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-34.

Author's contribution. The author of this research paper has been directly conducted experimental part, designed, planned and executed writing part of the manuscript. study. The author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 579.64

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ-АНТАГОНИСТОВ ФИТОПАТОГЕНОВ

В. П. Терлецкий^{1,2}, доктор биологических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО ЛО Ленинградский государственный университет им. А. С. Пушкина,

²ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, г. Пушкин

Дата поступления в редакцию 13.06.2022

Дата принятия к печати 15.07.2022

Работа выполнена по государственному заданию АААА-А20-120091400021-2

Актуальность. В силу общемировой тенденции к использованию экологически чистой пищевой продукции микробиологические методы защиты растений от фитопатогенов и насекомых-вредителей приобретают в последнее время особое значение. Среди таких микроорганизмов можно выделить штаммы *Xenorhabdus nematophila* и *Bacillus thuringiensis*. Промышленное использование этих бактерий требует регулярного подтверждения их аутентичности оригинальным запатентованным оригиналам из хранящихся коллекций полезных микроорганизмов. **Объект.** Объектом исследования были бактериальные изоляты, относящиеся к двум видам - *Xenorhabdus nematophila* и *Bacillus thuringiensis*. Первый, являясь частью кишечной микробиоты почвенной нематоды, производит вторичные метаболиты, губительные для вредных насекомых. Второй – в определенных условиях обладает ценным качеством, производя устойчивые к внешним условиям споры, являющиеся функционально активным компонентом биопрепаратов. **Материалы и методы.** Ранее разработанный метод генетической паспортизации бактериальных штаммов, основанный на двойном расщеплении и избирательном мечении фрагментов ДНК (ДРИМ) был использован для молекулярно-генетической идентификации штаммов этих двух видов. В этом методе одновременно используются две эндонуклеазы рестрикции, одна производит усеченные концы, которые могут быть помечены биотинилированным дезоксицитозинтрифосфатом, а другая – тупые концы, не способные к включению метки. В результате – из тысяч фрагментов ДНК только ограниченное число будет нести метку; число и распределение таких меченых фрагментов после электрофореза в обычном агарозном геле легко визуализируется на нейлоновом фильтре. Набор фрагментов характерен для каждого бактериального штамма и является своего рода генетическим паспортом. Цель работы состояла в применении этого метода для идентификации штаммов бактерий двух видов. **Результаты и выводы.** На примере *Bacillus thuringiensis* было показано, что разрешающая способность метода зависит от числа детектируемых фрагментов ДНК. Например, пара ферментов *SgrAI/Eco24I* генерирует более 25 фрагментов ДНК, в то же время, *SgsI/Eco32I* – всего несколько. Чем больше фрагментов ДНК выявляется на фильтре, тем большая дискриминационная способность метода. В случае использования *SgrAI/Eco24I* все изоляты были разделены на отдельные генотипы за исключением двух – ЕП и Е. Наоборот, пара ферментов *SgsI/Eco32I*, продуцируя малое число полос на фильтре, не разделила большинство изолятов на генотипы. Что касается энтомопатогенной бактерии *Xenorhabdus nematophila*, оптимальной парой ферментов была *SgsI/Eco32I*. Применение ферментов *SgsI/Eco32I* у *Xenorhabdus nematophila* показало идентичность изолятов С/с и Р, в то же время изолят J существенно от них

отличался. Метод ДРИМ способен выявлять перестройки в геномной ДНК бактерий для паспортизации полезных бактерий, продуцирующих биоинсектициды и проявляющих антагонистическую активность. Таким образом, эта методика генотипирования может быть полезным инструментом в идентификации бактериальных штаммов, проявляющих антагонистическую активность и используемых сейчас на практике.

Ключевые слова: бактерии-антагонисты, штаммы бактерий-антагонистов, продуценты, биоинсектициды.

Цитирование. Терлецкий В.П. Молекулярно-генетическая идентификация штаммов бактерий-антагонистов фитопатогенов. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 298-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-34.

Авторский вклад. Автором этой исследовательской работы была непосредственно проведена экспериментальная часть, разработана, спланирована и выполнена письменная часть рукописи. Изучать. Автор этой статьи прочитал и одобрил представленную окончательную версию.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Биологический метод контроля над фитопатогенами различной этиологии в последние годы становится все более популярным. Сейчас разработано и внедрено в промышленное производство значительное число антагонистов фитопатогенных бактерий и грибов, а также штаммов-продуцентов биоинсектицидов. К числу востребованных антагонистов можно отнести бактерии видов *Xenorhabdus nematophila* и *Bacillus thuringiensis* [3, 12]. Последний обладает ценным качеством – производство спор, что позволяет конструировать высокостабильные биопрепараты для защиты растений. *Xenorhabdus nematophila* является частью микробиоты в пищеварительном тракте почвенных нематод и при инвазии насекомых попадает в их кишечник [2, 10]. Бактерии, размножаясь, экскретируют множество метаболитов, приводящих к угнетению и гибели этих вредителей. Данный симбиоз бактерии и нематоды обеспечивает нематоду пищей, а бактерия получает возможность распространяться во внешней среде, используя червя как вектор [7, 9].

Таким образом, эти два вида полезных бактерий являются объектами биотехнологии и могут использоваться в программах биологической защиты растений от фитопатогенов и жесткокрылых насекомых. Многие штаммы бактерий *Xenorhabdus* производят разнообразные экзоэнзимы. Лецитиназа, производимая *X. nematophila*, расщепляет фосфолипиды в организме насекомых, обеспечивая получение липидов для роста и развития нематод [1]. Антибиотики, производимые симбиотическими бактериями *X. nematophila*, могут быть различными у бактериальных штаммов этого энтомопатогенного вида [6].

Потенциальной опасностью промышленного производства биопрепаратов на основе штаммов микроорганизмов является контаминация посторонней микрофлорой, которая может иметь селективное преимущество в процессе размножения, вытесняя, таким образом, полезные бактерии из питательной среды в биореакторе.

Использовавшиеся ранее методы идентификации бактерий, основанные на культуральных и биохимических свойствах, зачастую не дают результата, так как различные бактерии могут иметь сходный профиль этих свойств. Молекулярная генетика, изучающая особенности чередования нуклеотидов в цепи ДНК в разных бактериальных штаммах, позволяет использовать эти данные для точной идентификации микроорганизмов [4]. Современные методы генотипирования позволяют провести паспортизацию биоматериала, доказав идентичность коммерческого штамма в биореакторе запатентованному оригиналу из коллекций полезных микроорганизмов. Существует три группы молекулярно-генетических методов паспортизации: методы, основанные на секвенировании отдельных генов в геномной ДНК, такие как мультилокусное секвенирование (MLST),

ПЦР-анализ (MLVA, RAPD) и фрагментный анализ. MLST требует использования дорогостоящего секвенатора и реактивов и часто не дает необходимого разрешения при анализе близкородственных микроорганизмов [5, 8]. Полногеномное секвенирование дает большой объем информации, но этот подход крайне затратный, часто не доступен в обычных микробиологических лабораториях и существует неопределенность, какую часть генома учитывать в сравнениях [13]. Метод со случайными праймерами RAPD является быстрым, недорогим, но характеризуется низкой воспроизводимостью результатов генотипирования [5]. MLVA иногда требует комбинирования с другими методами, так как разрешающей способности недостаточно для определения штаммовой принадлежности. К числу часто используемых методов фрагментного анализа относят метод, основанный на разделении больших фрагментов ДНК в пульсирующем поле – пульс-гель электрофорез. Метод дает хорошее разрешение, но требуется специализированное оборудование (камера) и процесс разделения фрагментов длится несколько дней [11].

Ранее при идентификации бактериальных штаммов – антагонистов был предложен альтернативный вариант фрагментного анализа. Данный метод основан на идее двойного расщепления и избирательного мечения фрагментов ДНК – ДРИМ [4]. Целью исследований было использование метода для генетической идентификации штаммов двух бактериальных видов *B. thuringiensis* и *X. nematophila*.

Материалы и методы. Бактериальные культуры выращивали по общепринятым методикам в лаборатории микробиологической защиты ФГБНУ ВИЗР (Санкт-Петербург, Россия). Идентификация бактериальных штаммов на первом этапе подразумевает выделение высокомолекулярной геномной ДНК, пригодной для расщепления эндонуклеазами рестрикции. В связи с тем что бактерии *X. nematophila* относятся к грам-отрицательным микроорганизмам, их клеточная стенка содержит тонкий слой муреина, который может быть легко разрушен обычными детергентами. Вкратце – лизис клеток проводили с применением 1 % раствора додецилсульфата натрия (SDS) в буфере TES (10 мМ трис – 10 мМ NaCl – 20 мМ ЭДТА, pH 8,0). Осажденную центрифугированием ДНК растворяли в буфере TE (10 мМ трис-1 мМ ЭДТА, pH 7,5). Выделение геномной ДНК из грамм-положительных бактерий *B. thuringiensis* требовала предварительного инкубирования клеток в лизоциме, все последующие этапы были аналогичны и для *X. Nematophila*.

Методика генотипирования бактерий ДРИМ основана на одновременном использовании двух эндонуклеаз рестрикции. Первая расщепляет геномную ДНК на небольшое число фрагментов (20-30), производя «липкие» 3-штрих-усеченные концы, способные к включению метки биотинилированный дезоксицитозинтрифосфат (Bio-dCTP). Вторая – расщепляет чаще (около 1000 сайтов), производя укорочение фрагментов до оптимальной величины при разделении в стандартном агарозном геле. В результате двойного расщепления в смеси будет небольшое число меченых Bio-dCTP фрагментов, которые будут разделены по размеру в 0,8 % агарозном геле. Мечение достигается наличием в реакционной смеси *Taq*-полимеразы и Bio-dCTP. Все процессы идут одновременно в одной реакционной микропробирке в течение 1 часа при 37 °С. Несмотря на то что *Taq*-полимераза предпочитает температуру 72 °С, реакцию можно проводить и при 37 °С, обеспечивающей 10% полимеразной активности фермента, что вполне достаточно для мечения фрагментов ДНК. Геномы *B. thuringiensis* и *X. nematophilae* секвенированы, т.е. известна их полная нуклеотидная последовательность. Используя программу *in-silico* (<http://insilico.ehu.es/DDSL>), можем теоретически подобрать оба фермента рестрикции, которые затем тестируются в реальном эксперименте. Поиск *in-silico* выявил, что оптимальным первым ферментом для *X. nematophila* является *SgsI*, имеющий сайт расщепления GG↓CGCGCC, для *B. thuringiensis* таким ферментом был

SgrAI с сайтом расщепления CR↓CCGGYG. В реакции достройки (*fill-in*) *Taq*-полимераза будет вставлять метку Bio-dCTP в первые две позиции в липких концах фрагментов ДНК. Одновременное укорочение фрагментов ДНК (необходимо для разделения в агарозном геле) происходит при действии второго фермента рестрикции. В отношении *X. nematophila* используется *Eco32I*, а для *B. thuringiensis* - *Eco24I*. Особенностью второго фермента, помимо большого числа сайтов расщепления, является то, что получаемые фрагменты ДНК имеют тупые концы, в которые *Taq*-полимераза не может включить метку биотина (Bio-dCTP).

Технически реакция ДРИМ сводится к последовательному внесению в микропробирку на 200 мкл следующих компонентов: 15 мкл дистиллированной воды, 2 мкл 10-кратного буфера для ферментов, 1 мкл ферментной смеси (два фермента рестрикции, *Taq*-полимераза и метка Bio-dCTP), 2 мкл бактериальной ДНК. Через один час по завершению ферментативных реакций, образец переносится в лунки для проведения электрофореза в трис-ацетатном буфере при напряжении 150 В на 3 часа. После электрофореза ДНК из геля переносится на нейлоновую подложку в аппарате вакуумного переноса в течение 20 минут. В реакции ДРИМ молекулярная гибридизация не проводится, поэтому этапы денатурации и нейтрализации ДНК не требуются, а перенос происходит в дистиллированной воде. После фиксации фрагментов ДНК на фильтре в течение 4 минут под ультрафиолетовым облучением меченые фрагменты ДНК визуализируют с помощью конъюгата стрептивидин-щелочная фосфатаза и цветных реагентов NBT и BCIP (Thermo Fischer Scientific) согласно стандартным протоколам.

Результаты и обсуждение. В генотипировании методом ДРИМ *Xenorhabdus nematophila* было использовано 3 изолята бактерии, выделенные из разных источников – J, П и C/3 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Генотипирование методом ДРИМ трех изолятов *X. nematophila* с использованием ферментов *SgsI/Eco32I*, к – контрольный образец (*Bacillus subtilis* штамм М-22)

Figure 1 – Genotyping *X. nematophila* three isolates by DDSL method with *SgsI/Eco32I* enzymes, k – control sample (*Bacillus subtilis* strain M-22)

Изолят J генетически сильно отличается от двух других изолятов, которые оказались генетически идентичными. Распределение фрагментов ДНК в изолятах П и С/З говорит либо о полной генетической идентичности, либо о высокой степени генетической близости. Не исключено, что, используя другие методы генотипирования, удастся их различить. Вероятно, они отличаются друг от друга на уровне всего одного или нескольких генов, которые ускользают при скрининге. При накоплении достаточного числа мутаций в штаммах любой метод генотипирования начинает дискриминировать штаммы, причем, чем большее число фрагментов ДНК учитывается в анализе, тем более чувствительным становится данный метод. Метод ДРИМ позволяет идентифицировать одновременно около 35 фрагментов ДНК, что является рекордным показателем для методов генотипирования (RAPD – 5-10 фрагментов, PFGE – 15-20 фрагментов).

Генотипирование изолятов *B. thuringiensis* проводили с помощью ферментов *SgrAI/Eco24I* и *SgsI/Eco32I*. Выявлена генетическая идентичность штаммов Е/П и Е (рисунок 2, слева). Остальные штаммы отличаются от Е/П и Е и друг от друга по многим фрагментам ДНК, что свидетельствует о значительной генетической дивергенции в этих штаммах.

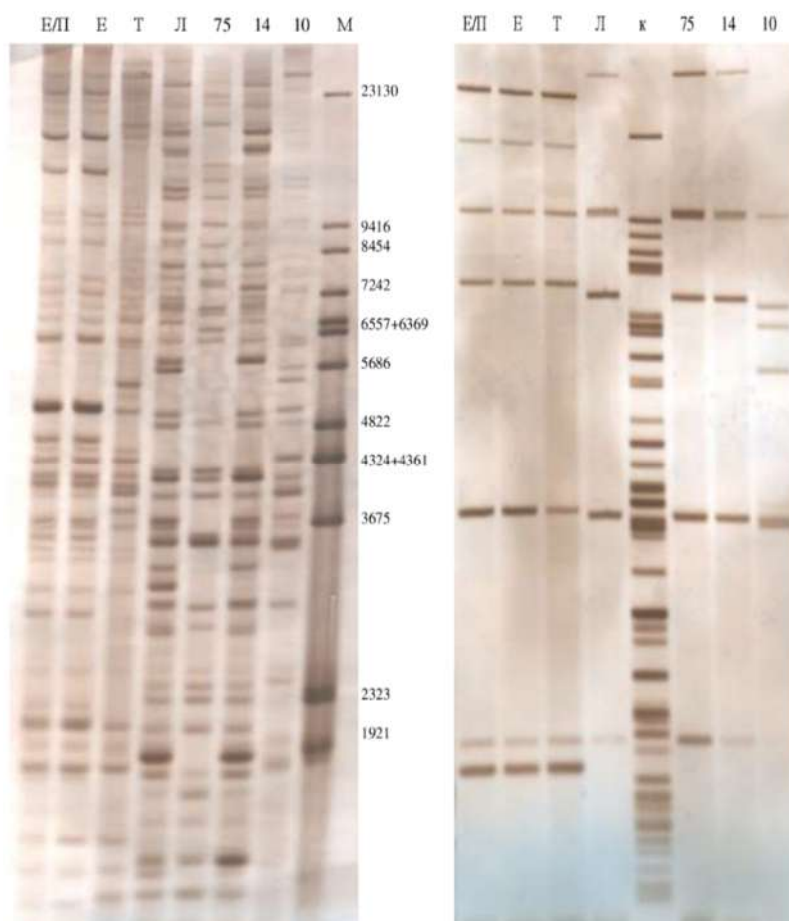


Рисунок 2 – Генотипирование методом ДРИМ изолятов *B. thuringiensis* с помощью ферментов *SgrAI/Eco24I* (слева) и *SgsI/Eco32I* (справа), М – молекулярный маркер длин фрагментов ДНК, к – контрольный штамм (*B. subtilis*, штамм В10)

Figure 2 – Genotyping *B. thuringiensis* by DDSL method with *SgrAI/Eco24I* (left) and *SgsI/Eco32I* (right), М – molecular size DNA marker, к – control sample (*Bacillus subtilis* strain В-10)

Параллельно изучили картину распределения фрагментов ДНК в геноме *B. thuringiensis* при использовании тех же ферментов – *SgsI/Eco32I*, которые были оптимальными при генотипировании *X. nematophila*. В связи с тем что *SgsI* имеет всего несколько сайтов расщепления в геноме *B. thuringiensis* по данным программы *in-silico* (<http://insilico.ehu.es/>), на картине генотипирования видны всего 5-7 фрагментов ДНК (рисунок 2, справа). Такое число фрагментов не позволяет добиться высокого разрешения при идентификации бактериальных штаммов. Например, удастся визуализировать две группы идентичных штаммов – Л, 14 и 75, а также Е/П, Е и Т. В то же время генотипирование бактерий другой парой ферментов – *SgrAI/Eco24I* определяет только два идентичных штамма – Е/П и Е. Остальные штаммы генетически отличаются друг от друга. Наиболее генетически удаленным штаммом является штамм 10, который отличается от всех других штаммов по большинству фрагментов. Это наблюдение подтверждено даже при использовании пары низкоинформативных ферментов *SgsI/Eco32I*, приводящих к выявлению 5 фрагментов, которые характерны только для данного штамма (рисунок 2, справа).

Выводы. Штаммы *Xenorhabdus nematophila* С/з и П по данным генотипирования с ферментами *SgsI* и *Eco32I* являются генетически идентичными, в то время как штамм J значительно от них отличается.

Генотипирование штаммов *Bacillus thuringiensis* с применением ферментов *SgrAI* и *Eco24I* позволило определить, что штаммы Е/п и Е являются идентичными, остальные штаммы являются генетически уникальными и отличаются друг от друга большим числом фрагментов ДНК, что дает возможность проводить индивидуальную идентификацию (паспортизацию) бактериальных штаммов.

Таким образом, метод ДРИМ можно рекомендовать для проведения детекции нуклеотидного полиморфизма и мелких перестроек генома штаммов-продуцентов биоинсектицидов.

Библиографический список

1. Данилов Л. Г., Зорина Е. А., Нащекина Т. Ю. Антибиотическая активность *Xenorhabdus* sp. (enterobacteriaceae) симбионтов энтомопатогенных нематод (Rhabditida: Steinernematidae) // Вестник защиты растений. 2017. Т. 3 (93). С. 33-38.
2. Данилов Л. Г., Лайшев К. А., Данилова Т. А. Особенности поведения энтомопатогенных нематод (Nematoda: Steinernematidae) в присутствии мертвых насекомых-хозяев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 95-104.
3. Эффективность микробиологических препаратов против основных вредителей овощных, ягодных культур и картофеля в Ленинградской области / С. А. Доброхотов, А. И. Анисимов, С. Д. Гришечкина, Л. Г. Данилов, Г. Р. Леднев, К. Н. Фурсов // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 694-704.
4. Эффективный метод генетической паспортизации штаммов *Bacillus subtilis* – перспективных продуцентов биопрепаратов / В. П. Терлецкий, В. И. Тыщенко, И. И. Новикова, И. В. Бойкова, С. Д. Тюлебаев, И. Я. Шахтамиров // Микробиология. 2016. Т. 85. № 1. С. 50-55.
5. A Novel Target Pathogen Identification and Tracking System Using Capillary Electrophoresis-Random Amplified Polymorphic DNA / W. J. Lin, C. Y. Tung, M. Y. Yen, Yu. J. Chan, C. H. Lin, P. R. Hsueh // Sci Rep. 2018. V. 8. P. 15365.
6. Booyesen E., Dicks L. M. T. Does the Future of Antibiotics Lie in Secondary Metabolites Produced by *Xenorhabdus* spp.? // A Review. Probiotics Antimicrob Proteins. 2020. V. 12 (4). P.1310-1320.
7. Fabclavine diversity in *Xenorhabdus* bacteria / S. L. Wenski, H. Cimen, N. Berghaus, S. W. Fuchs, S. Hazir, H. B. Bode // Beilstein J. Org. Chem. 2020. V. 16. P.956-965. DOI: 10.3762/bjoc.16.84.

8. Humphreys H., Coleman D. C. Contribution of whole-genome sequencing to understanding of the epidemiology and control of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* // *J. Hosp. Infect.* 2019. V. 102 (2). P. 189-199.

9. PirAB protein from *Xenorhabdus nematophila* HB310 exhibits a binary toxin with insecticidal activity and cytotoxicity in *Galleria mellonella* / Q. Yang, J. Zhang, T. Li, S. Liu, P. Song, Z. Nangong, Q. Wang // *J. Invertebr. Pathol.* 2017. V. 148. P. 43-50.

10. Raymond B., Federici A. In defense of *Bacillus thuringiensis*, the safest and most successful microbial insecticide available to humanity - a response to EFSA // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2017. V. 93. No 7.

11. Rumore J. L., Tschetter L., Nadon C. The Impact of multilocus variable-number tandem-repeat analysis on PulseNet Canada *Escherichia coli* O157:H7 laboratory surveillance and outbreak support, 2008-2012 // *Foodborne Pathog. Dis.* 2016. V. 13 (5). P. 255-261.

12. Systematic characterization of *Bacillus* Genetic Stock Center *Bacillus thuringiensis* strains using Multi-Locus Sequence Typing / K. Wang, C. Shu, M. Soberón, A. Bravo, J. Zhang // *J. Invertebr. Pathol.* 2018. V. 155. P. 5-13.

13. Whole genome sequencing options for bacterial strain typing and epidemiologic analysis based on single nucleotide polymorphism versus gene-by-gene-based approaches / A. C. Schürch, S. Arredondo-Alonso, R. J. L. Willems, R. V. Goering // *Clin. Microbiol. Infect.* 2018. V. 24 (4). P. 350-354.

Информация об авторах

Терлецкий Валерий Павлович, профессор кафедры естествознания и географии, ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина» (196605, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское ш. 10), старший научный сотрудник лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений (196608, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3), доктор биологических наук, профессор, тел. +7 921 558 7957, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4043-3823>, e-mail: valeriter@mail.ru

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-35

OPTIMIZATION OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF CHOPPED SEMI-FINISHED GOODS USING PRODUCTS OF COMPLEX PROCESSING OF POULTRY

I.F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina^{1,2}, L. V. Khoroshevskaya¹, S.E. Bozhkova²,
S.A. Gnilomedova², E. G. Abramenko¹

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd*

Received 30.06.2022

Submitted 30.08.2022

Summary

Currently chopped semi-finished products are the sales leader on the Russian market. The study is devoted to the optimization of the technology for the production of chopped semi-finished products from poultry meat and the creation of a food product with improved functional and technological properties. The use of animal and vegetable components introduced into the composition of the product to enrich its composition - protein-fat emulsion and squash, is very appropriate from a technological and economic point of view. The optimal concentration of animal and plant components in the product was revealed, at which the organoleptic and functional-technological indicators of chopped semi-finished products are improved. The product containing a protein-fat emulsion and zucchini in its composition exceeds analog in terms of fat content - by 0.2%; in terms of protein content - by 1.3% due to the use of chicken liver and skin in the production, as well as milk proteins. The economic efficiency of the proposed formulation and technology is confirmed by the calculation of the cost of production of samples, which amounted to 162.4-164.5 rubles per kilogram.

Abstract

Introduction. Due to the increasing demand for meat products as the main products of the diet of all population groups, currently chopped semi-finished products are the leader of sales in the Russian market. Today, people live in a fast rhythm of life, so meat semi-finished products are in demand all over the world, as they allow you to save time on cooking. But there are few functional meat semi-finished products of high quality on the market, therefore, it is necessary to expand the range and thereby new consumer groups will appear. **Object.** Samples of chopped semi-finished products from meat and poultry by-products with plant components with functional properties were selected for experimental research. The research is devoted to the optimization of the production technology of chopped semi-finished products from poultry meat and the creation of a food product with improved functional and technological properties. **Goal.** Development of the formulation and method of production of chopped semi-finished goods using protein-fat emulsion and vegetable components. **Materials and methods.** Sampling and preparation of samples for laboratory studies were carried out according to a unified methodology in accordance with the requirements of GOST R 51447-99 (ISO 3100-1-91). The development and research of control and experimental samples were carried out according to generally accepted methods in accordance with the current regulatory and technical documentation of the food industry. **Results and conclusions.** The use of animal and vegetable components introduced into the product to enrich its composition – a protein-fat emulsion using chicken offal and sprouted wheat grain, as well as zucchini, is very appropriate from a technological and economic point of view. The optimal concentration of animal and plant components in the product was revealed, at which the organoleptic and functional-technological indicators of chopped semi-finished products are improved. The prototypes containing in their composition a protein-fat emulsion of broiler chicken meat and chicken offal, sprouted wheat grain and zucchini surpasses the control sample in fat content - by 0.2%; in protein content – by 1.3%. Optimized formulations also allow you to achieve high functional and technological indicators. The economic efficiency of the proposed formulation and technology is confirmed by the calculation of the production cost of prototypes, which amounted to 162.4-164.5 rubles per kilogram.

Keywords: *chopped semi-finished products, poultry meat, poultry offal, soy protein isolate, protein-fat emulsion, zucchini, germinated grain of wheat.*

Citation. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Khoroshevskaya L.V., Bozhkova S.E., Gnilomedova S.A., Abramenko E.G. Optimization of production technology of chopped semi-finished goods using products of complex processing of poultry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 306-317 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-35.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.546:637.521.47

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЦЫ

И. Ф. Горлов^{1,2}, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
М. И. Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
Л. В. Хорошевская¹, доктор сельскохозяйственных наук
С. Е. Божкова², кандидат биологических наук, доцент
С. А. Гниломедова², магистрант; **Е. Г. Абраменко**¹, соискатель

¹Поволжский НИИ мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 30.06.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Актуальность. Из-за возрастающего спроса на мясные продукты как основные продукты рациона питания всех групп населения в настоящее время рубленые полуфабрикаты являются лидером продаж на российском рынке. На сегодняшний день люди живут в быстром ритме жизни, поэтому мясные полуфабрикаты востребованы по всему миру, так как позволяют сэкономить время на приготовлении. Но мясных функциональных полуфабрикатов высокого качества на рынке сбыта мало, следовательно, необходимо расширить ассортимент и тем самым появятся новые группы потребителей. **Объект.** Для экспериментального исследования выбраны образцы рубленых полуфабрикатов из мяса и пищевых субпродуктов птицы с растительными компонентами с функциональными свойствами. Исследование посвящено оптимизации технологии производства рубленых полуфабрикатов из мяса птицы и созданию пищевого продукта с улучшенными функционально-технологическими свойствами. **Цель.** Разработка рецептуры и способа производства рубленых полуфабрикатов с использованием белково-жировой эмульсии и растительных компонентов. **Материалы и методы.** Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований осуществляли согласно единой методике в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91). Выработка и исследования контрольного и опытных образцов проведены по общепринятым методикам в соответствии с действующей нормативно-технической документацией пищевой отрасли. **Результаты и выводы.** Использование животных и растительных компонентов, вносимых в состав продукта для обогащения его состава – белково-жировой эмульсии с использованием куриных субпродуктов и пророщенного зерна пшеницы, а также и кабачка, является весьма целесообразным с технологической и экономической точки зрения. Была выявлена оптимальная концентрация животных и растительных компонентов в продукте, при которой органолептические и функционально-технологические показатели рубленых полуфабрикатов улучшаются. Опытные образцы, содержащие в своем составе белково-жировую эмульсию из мяса цыплят-бройлеров и куриных субпродуктов, пророщенное зерно пшеницы и кабачок, превосходят контрольный образец по содержанию жира – на 0,2 %; по содержанию белка – на 1,3 %. Оптимизированные рецептуры позволяют также достичь высоких функционально-технологических показателей. Экономическая эффективность предлагаемой рецептуры и технологии подтверждена расчетом себестоимости производства опытных образцов, которая составила 162,4-164,5 рублей за килограмм.

Ключевые слова: рубленые полуфабрикаты, мясо птицы, субпродукты птицы, соевый белковый изолят, белково-жировая эмульсия, кабачок, пророщенное зерно пшеницы.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л.В., Божкова С. Е., Гниломедова С. А., Абраменко Е.Г. Оптимизация технологии производства рубленых полуфабрикатов с использованием продуктов комплексной переработки птицы. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 306-317. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день люди живут в быстром ритме жизни, поэтому мясные полуфабрикаты востребованы по всему миру, так как они позволяют сэкономить время на приготовление продуктов питания [2, 5, 11]. Но ассортимент мясных функциональных полуфабрикатов на рынке сбыта представлен незначительно, следовательно, необходимо расширить ассортимент и привлечь новые группы потребителей. Организация производства полуфабрикатов рубленых формованных с высокими показателями качества поможет решить эту проблему [4, 7, 8, 10, 12].

Оптимизация технологии производства путем введения в фарш дополнительных ингредиентов в составе белково-жировой эмульсии, а также добавление в рецептуру рубленых полуфабрикатов растительных компонентов, в частности кабачка, пророщенного зерна пшеницы, позволит получить продукт комбинированного состава, отвечающего современным запросам потребителей [2, 4, 6, 7, 9].

Инновационность разработанной рецептуры рубленых полуфабрикатов заключается в комбинировании ингредиентов животного и растительного происхождения, вводимых в фарш в виде белково-жировой эмульсии, полученной куттерованием, в состав которой входит мясо цыплят-бройлеров, куриная шкурка, обработанная шея кур с кожей, мышечные желудки, сердечки, соевый белковый изолят, пророщенное зерно пшеницы, а также ледяная вода для гидратации сухих компонентов и поддержания необходимого температурного режима эмульсии (не выше 10⁰С).

Использование в рецептуре рубленых полуфабрикатов взамен пшеничной муки пророщенного зерна пшеницы обусловлено наличием в нем белковых соединений с активными ферментными и аминокислотными составляющими (энзимы, аминокислоты, фитогормоны, др.). Это увеличивает питательность и усвояемость пророщенной биомассы [1].

Процесс проращивания зерна пшеницы – это, в первую очередь, переход семян из зародышевого состояния к активной фазе роста, что возможно при оптимизации влажности, температуры, доступе кислорода, др. Высокую эффективность применения электрохимически активированного раствора католита при замачивании зерна пшеницы для его проращивания можно объяснить влиянием его активных частиц, которыми являются ионы (ОН⁻), ион-радикалы, растворенный водород (атомарный и молекулярный), способствующие увеличению проницаемости мембранных оболочек клеток, а также стимулирующие активность ферментов. Исследованиями установлено, что полученные в таких условиях проростки дополнительно обогащены калием и витаминами по сравнению с исходными зёрнами на 5–50 % [3].

Актуальность организации производства рубленых полуфабрикатов с растительными компонентами и с использованием продуктов комплексной переработки цыплят-бройлеров (мяса, куриной шкурки, субпродуктов – сердца, мышечных желуд-

ков, шеи с кожей, др.) становится одним из вариантов увеличения экономической эффективности предприятия, в том числе за счет привлечения внимания потребителей, ориентированных на полезное функциональное питание.

Цели и задачи.

Цель исследования – разработка рецептуры и способа производства рубленых полуфабрикатов с использованием белково-жировой эмульсии с субпродуктами кур и растительными компонентами. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оптимизация технологии производства рубленых полуфабрикатов;
- оптимизация рецептуры рубленых полуфабрикатов;
- выработка экспериментальных образцов;
- органолептическая оценка образцов;
- анализ физико-химических показателей образцов;
- анализ функционально-технологических свойств (ФТС) образцов;
- анализ энергетической ценности выработанных продуктов;
- оценка экономической эффективности производства.

Методы и материалы. Последовательность и взаимосвязь этапов исследования рубленых полуфабрикатов с улучшенными функционально-технологическими свойствами отражены блок-схемой на рисунке 1. Исследование проводилось на базе кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета, комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП.

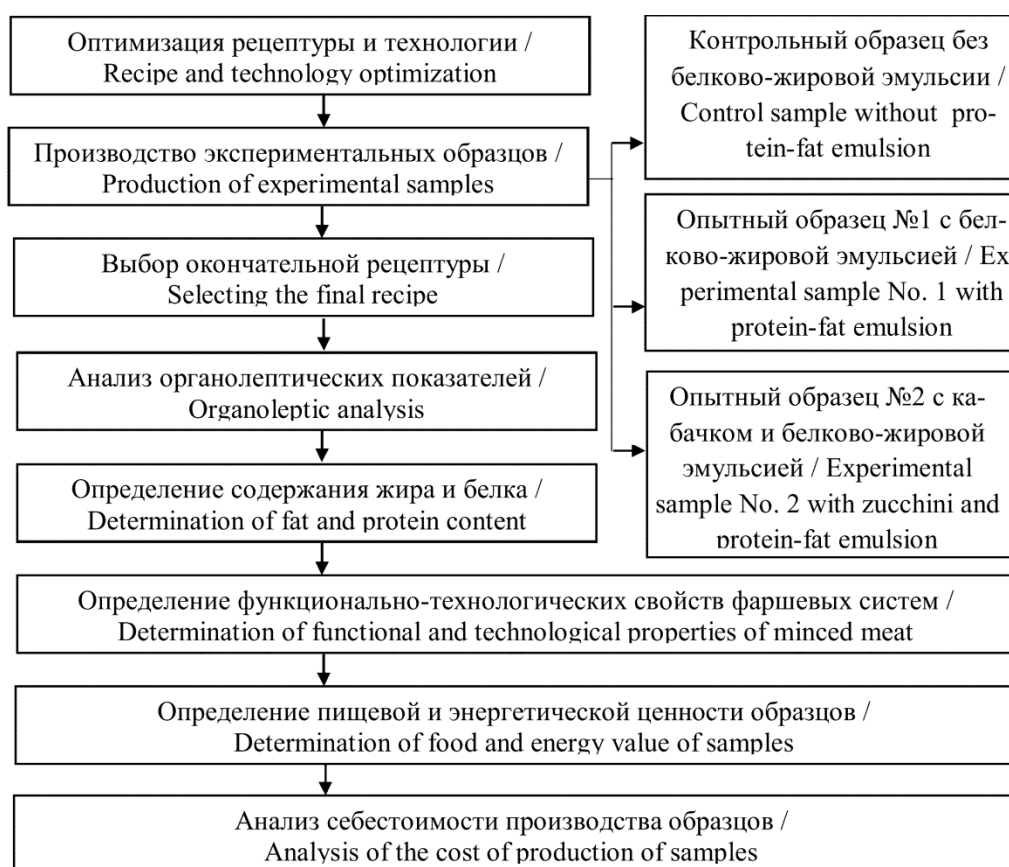


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментального исследования

Figure 1 – Block diagram of the experimental study

Для решения поставленных задач и достижения целей экспериментального исследования были выполнены следующие этапы:

– *оптимизация рецептуры и технологии*

Для экспериментальной выработки образцов рубленых полуфабрикатов из мяса и пищевых субпродуктов птицы разработана технологическая схема производства с оптимизацией рецептур с учетом внесенных компонентов растительного и животного происхождения.

– *производство образцов рубленых полуфабрикатов*

Производились три образца рубленого полуфабриката.

Контрольный образец был выработан на основе мяса цыплят-бройлеров (без пищевых субпродуктов птицы и растительных компонентов – кабачка и пророщенного зерна пшеницы) по традиционной технологии в соответствии со сборником рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания.

Опытный образец №1 содержит в своей рецептуре взамен части основного мясного сырья – белково-жировую эмульсию, в состав которой входят мясо цыплят-бройлеров, куриная шкурка, обработанная шея кур с кожей, мышечные желудки, сердечки, а также взамен яичного порошка – соевый белковый изолят, взамен пшеничной муки – пророщенное зерно пшеницы.

Опытный образец № 2 вырабатывался аналогично рецептуре опытного образца №1 и дополнительно содержит частично взамен свежего лука – кабачок.

Проращивание зерна пшеницы (сорт «Житница») осуществляли в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП по запатентованному способу [3], включающему обработку зерна электрохимически активированным водным раствором. Зерно пшеницы замачивали в течение 3-х часов в католите раствора KCl с концентрацией 0,5 г/л с pH 11,6; ОВП -900 мВ и далее проращивали во влажном состоянии. За основной контролируемый показатель влажного пророщенного зерна принимали наличие зародышевого корешка длиной не более 2 мм у 90 % семян. Влажность биомассы перед внесением в фаршевую эмульсию должна составлять не более 60 %, pH 5,8-6,0. Влажность контролируется по общепринятой методике (Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов М.: Колос, 2001. – 376 с.) (высушивание до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 103 ± 2 °C), pH – с помощью лабораторного pH-метра.

Масса каждого образца фарша для выработки рубленых замороженных полуфабрикатов – 100 г. Рецептуры фаршевых систем представлены в таблице 1.

– *оценка органолептических показателей*

Проводили анализ органолептических показателей готовых изделий (5 дегустаторов, 10-балльная шкала) для сравнения экспериментальных образцов, содержащих различные ингредиенты.

– *определение массовой доли белка*

Определение количества белков в опытных образцах выполнялось методом Кьельдаля согласно ГОСТ 25011–2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» Масса каждого образца для анализа – 2 г.

– *определение массовой доли жира*

Определение массовой доли жира в опытных образцах выполнялось методом экстракции по ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира». Масса каждого образца для анализа – 1,5 г.

– *анализ функционально-технологических свойств (ФТС)*

Переработке мясного сырья сопутствуют сложные физико-химические и биохимические процессы. Для того чтобы спрогнозировать поведение мясного сырья во время промышленной переработки применяют совокупность функционально-технологических и

структурно-механических показателей, реально отображающих его качество. К важнейшим функциональным свойствам мясного сырья причисляют его способность связывать влагу (ВСС, %), создавать стабильные белково-жировые эмульсии (СЭ, %), влагоудерживающую (ВУС, %), жирудерживающую способность (ЖУС, %) мясного фарша, сочность, нежность готового продукта и др. (Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов М.: Колос, 2001. – 376 с.).

Массовую долю связанной влаги определяли по методу центрифугирования; оценка влагоудерживающей способности проводилась по определению разности между массовым содержанием влаги в фарше и количеством влаги, отделившейся в процессе термической обработки; жирудерживающая способность мясного фарша определялась по разности между массовым содержанием жира в фарше и количеством жира, отделившимся в процессе термической обработки. Стабильность эмульсии анализировали по отношению общего объема эмульсии к объему эмульгированного жира (Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов М.: Колос, 2001. – 376 с.).

– анализ себестоимости производства

Расчет себестоимости производства экспериментальных образцов был выполнен путем калькуляции затрат на их производство в учебном центре «Колбасный цех «Технолог» кафедры Технологии пищевых производств ВолгГТУ.

Таблица 1 – Рецептуры рубленых полуфабрикатов

Table 1 – Chopped semi-finished products recipes

№ / No	Наименование сырья, вспомогательных материалов / Name of raw materials, spices, materials	Контроль- ный образ- ец / Control sample	Опытный об- разец №1 / Ex- perimental sam- ple No. 1	Опытный образ- ец №2 / Experimental sample No. 2
		кг / kg	кг / kg	кг / kg
1	Мясо цыплят-бройлеров / Broiler chicken	70	50,0	50,0
2	Куриная шкурка / Chicken skin	–	5,0*	5,0*
3	Мышечные желудки кур / Chicken muscular stomach	–	5,0*	5,0*
4	Сердечки куриные / Chicken hearts	–	5,0*	5,0*
5	Шея кур с кожей / Chicken neck skin	–	5,0*	5,0*
6	Лук репчатый свежий / Fresh onions	15,0	15,0	5,0
7	Мука пшеничная / Wheat flour	10,0	–	–
8	Сухой яичный порошок / Dry egg powder	5,0	–	–
9	Кабачок / Zucchini	–	–	10,0
10	Пророщенное зерно пшеницы / Spiced wheat grain	–	10,0	10,0
11	Соевый белковый изолят / Soy isolate	–	5,0	5,0
	ИТОГО основного сырья / TOTAL raw materials	100,0	100,0	100,0
12	Соль поваренная пищевая / Edible table salt	1,3	1,3	1,3
13	Перец черный молотый / Ground black pepper	0,2	0,2	0,2
14	Чеснок гранулированный / Granulated garlic	0,06	0,06	0,06
15	Тмин / Caraway	0,04	0,04	0,04
16	Вода питьевая / Drinking water	10,0	15,0	15,0
	ИТОГО / TOTAL	111,6	116,6	116,6

Примечание: * – куриные субпродукты (куриная шкурка, мышечные желудки, сердечки куриные, шея кур с кожей) берутся в общем количестве 20 кг на 100 кг всего основного сырья / Note: * - chicken by-products (chicken skin, muscular stomach, chicken hearts, chicken neck with skin) are taken in a total amount of 20 kg per 100 kg of all the main raw materials.

Результаты и обсуждение. Способ производства замороженных рубленых полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров с использованием продуктов комплексной переработки птицы с добавлением животных и растительных компонентов включает под-

готовку мясного сырья, составление фарша, формование, замораживание, упаковывание и реализацию продукта. Способ производства рубленых полуфабрикатов с растительными компонентами относится к нетрадиционному. Способ вполне прост и не предусматривает дополнительной подготовки мясного сырья, кроме его измельчения. Растительные компоненты должны пройти подготовку: мойка кабачков и их измельчение, проращивание зерна пшеницы.

Особенности способа производства заключаются в том, что в куттере при непрерывном перемешивании и измельчении приготавливают белково-жировую эмульсию, поэтапно (каждые 1,5-2,0 минуты) добавляя следующие виды сырья: мясо цыплят-бройлеров, куриная шкурка, мышечные желудки, сердечки, соевый белковый изолят, шея кур с кожей, пророщенное зерно пшеницы. Ледяную воду добавляют пропорционально в три этапа в течение цикла куттерования, которое длится 12 мин, причем температура белково-живроой эмульсии не должна превышать 10 °С.

Дальнейшее фаршесоставление (смешение всех компонентов согласно рецептуре) проводится в фаршемешалке при непрерывном перемешивании в течение не более 15 мин, температура готового фарша не должна превышать 12 °С.

Технологическая схема производства рубленых формованных полуфабрикатов представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Технологическая диаграмма производства рубленых полуфабрикатов

Figure 2 – Technological diagram of the production of chopped semi-finished products

Полученные результаты оценки органолептических показателей рубленых полуфабрикатов после термической обработки (жарки) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели рубленых полуфабрикатов

Table 2 – Organoleptic indicators of chopped semi-finished products

Характеристика / Characteristic	Наименование образца / Sample name		
	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец №1 / Experimental sample No. 1	Опытный образец №2 / Experimental sample No. 2
Форма, поверхность / form, surface	поверхность чистая, сухая, края ровные, округлой формы / the surface is clean, dry, the edges are smooth, rounded	поверхность чистая, сухая; форма округлая / the surface is clean and dry; round shape	поверхность чистая, сухая; форма округлая / the surface is clean and dry; round shape
Консистенция / Consistency	плотная / dense	плотная / dense	плотная / dense
Вкус / Taste	свойственный куриному мясу / typical for chicken meat	выраженный вкус куриного мяса и куриных субпродуктов / pronounced taste of chicken meat and liver	выраженный вкус куриного мяса и куриных субпродуктов, с мягким вкусом кабачка / pronounced taste of chicken meat and liver, and zucchini
Запах / Smell	специфический, ароматный запах специй, свойственный рецептурному составу / specific, aromatic smell of spices, inherent in the recipe composition	специфический, ароматный запах специй, свойственный рецептурному составу, с ароматом куриных субпродуктов / specific, aromatic smell of spices, characteristic of the recipe composition, with the aroma of chicken liver	специфический, ароматный запах специй, свойственный рецептурному составу, с ароматом куриных субпродуктов / specific, aromatic smell of spices, characteristic of the recipe composition, with the aroma of chicken liver
Цвет и вид на разрезе / Sectional color and view	светло-серый / light gray	светло-серый с коричневыми и желтоватыми включениями / light gray with brown and yellowish green inclusions	светло-серый с коричневыми и желтовато-зелеными включениями / light gray with brown and yellowish green inclusions

Результаты дегустации выработанных продуктов разработанного ассортимента полуфабрикатов после термообработки (жарки) с балльной оценкой органолептических показателей: внешнего вида, консистенции, цвета и запаха с привлечением 5 дегустаторов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные дегустации ассортимента полуфабрикатов

Table 3 – Tasting data for the assortment of semi-finished products

Наименование показателя / Indicator name	Результаты балльной оценки / Scoring results		
	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец №1 / Experimental sample No. 1	Опытный образец №2 / Experimental sample No. 2
Внешний вид / Appearance	10,0	9,8	10,0
Консистенция / Consistency	10,0	10,0	10,0
Цвет / Color	10,0	9,0	9,5
Запах / Smell	10,0	9,5	10,0
Средний балл / Average score	10,0	9,6	9,9

Таким образом, исходя из потребительской оценки органолептических качеств опытных образцов выявлено, что рецептуры приготовленных продуктов составлены корректно – средний балл по каждому показателю не ниже 9,5.

Полученные значения массовой доли белка и массовой доли жира в исследуемых образцах представлены на рисунке 3.

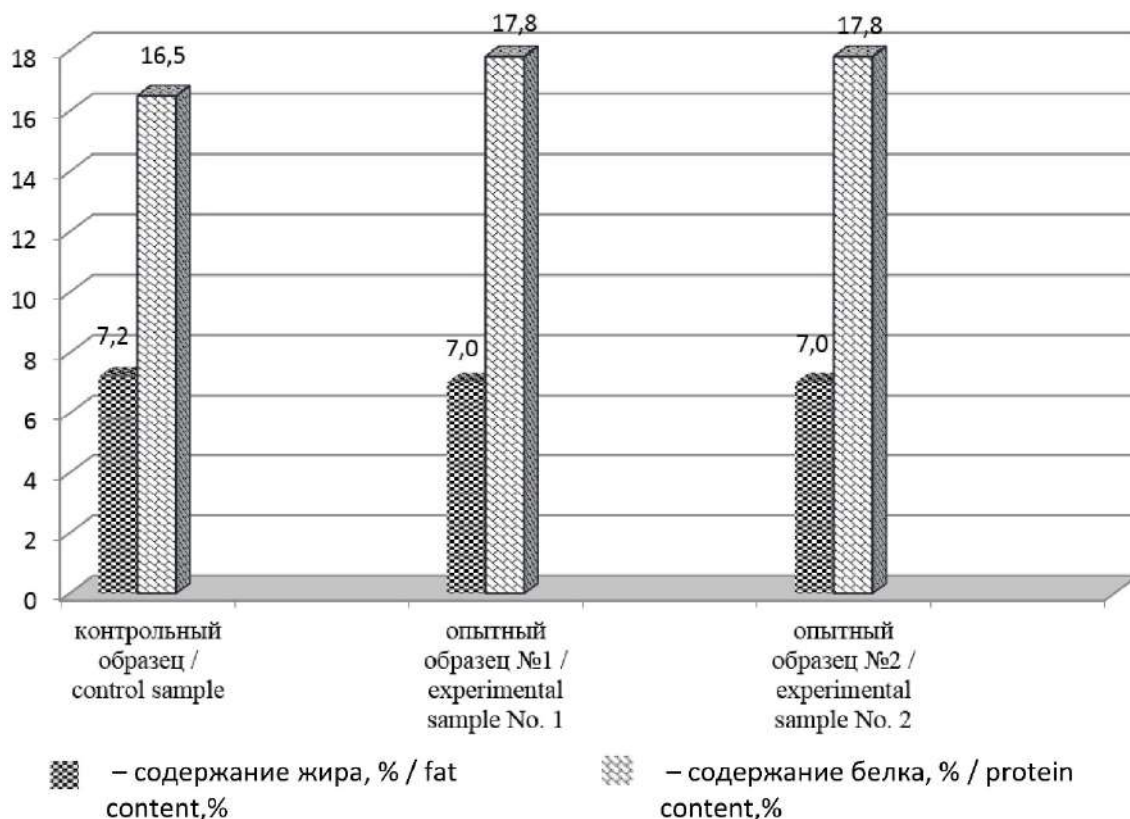


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика содержания жира и белка в образцах

Figure 3 – Comparative characteristics of the content of fat and protein in the samples

Согласно рисунку 3 можно сделать вывод о том, что опытные образцы №1 и №2 превышают по показателю жирности контрольный образец на 0,2 %, так как в их рецептуру добавлены куриная шкурка и шея кур с кожей, и другие пищевые субпродукты. По содержанию белка опытные образцы №1 и №2 превосходят контрольный образец на 1,3 %, что объясняется добавлением в рецептуру высокобелковых компонентов (изолят соевого белка, пророщенное зерно пшеницы).

Результаты определения функционально-технологических свойств фаршевых эмульсий представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспериментальные данные определения ФТС мясных систем

Table 4 – Experimental data for determining the Functional technological properties of meat systems

Наименование образца / Indicator name	ВСС, % / Moisture binding ability, %	ВУС, % / Moisture retention capacity, %	ЖУС, % / Fat-holding capacity, %	СЭ, % / Emulsion stability, %
Контрольный образец / Control sample	74,4±0,1	62,0±0,3	83,0±0,1	35,0±0,7
Опытный образец №1 / Experimental sample No. 1	84,2±0,1	68,0±0,2	91,5±0,2	43,0±0,9
Опытный образец №2 / Experimental sample No. 2	74,9±0,2	64,0±0,3	85,0±0,2	37,0±0,9

Из данных таблицы 4 следует, что у опытного образца №1 и опытного образца №2 значение влагосвязывающей способности выше, чем у контрольного образца – на 9,8 и 0,5 %. Это говорит о том, что фарш опытных образцов не водянистый, и избыточная влага в них по рецептуре (5 кг на 100 кг основного сырья) прочно связана с компонентами за счет добавленного соевого белкового изолята и преимущественно за счет оптимизации технологии – введения стадии куттерования для производства белково-жировой эмульсии.

Значение влагоудерживающей способности образца №1 превосходит значения образца №2 на 4 % и контрольного образца – на 6 %. Жироудерживающая способность образца №1 выше значений образца №2 и контрольного образца соответственно на 6,5 % и 8,5 %. Стабильность эмульсии опытного образца №1 превышает значение контрольного образца на 8 % и значение образца №2 – на 6 %.

Исходя из экспериментальных данных по результатам исследований ФТС фарша можно сделать вывод, что наименьшие показатели ВВС, ВУС, ЖУС, СЭ фарша получены в контрольном образце, а наилучшие – в опытных образцах №1 и №2. Приведенные данные доказывают, что опытный образец №1 превзошел другие исследуемые образцы благодаря наличию в его составе белково-жировой эмульсии с пророщенным зерном пшеницы, сочетающей белки животного и растительного происхождения, улучшающей структурно-механические свойства (липкость, когезию, устойчивость фарша к физическим параметрам окружающей среды, др.).

Таблица 5 – Расчет себестоимости производства экспериментальных образцов

Table 5 – Calculation of the cost of production of experimental samples

Наименование сырья, вспомогательных материалов / Name of raw materials, spices, materials	Проектная калькуляция себестоимости при производстве 1 тонны продукта по рецептуре, рублей / Cost of production of 1 ton product according to a recipe, rubles		
	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец №1 / Experimental sample No. 1	Опытный образец №2 / Experimental sample No. 2
Сырье и основные материалы /Raw materials, other materials	152600	130400	132500
Энергоресурсы и топливо на технологические цели / Energy resources and fuel for technological purposes	14340	15100	15100
Затраты на оплату труда производственных рабочих / Labor costs of production workers	6100	6300	6300
Отчисления на социальное страхование / Social security contributions	1830	1890	1890
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования / Equipment maintenance and operating costs	3450	4150	4150
Цеховые расходы / Workshop costs	2040	2250	2250
ИТОГО цеховая себестоимость / TOTAL workshop cost	180360	160090	162190
Прочие производственные расходы / Other production costs	1285	1285	1285
ИТОГО производственная себестоимость / TOTAL production cost	181645	161375	163475
Внепроизводственные расходы / Non-production costs	980	980	980
ИТОГО полная себестоимость / TOTAL full cost	182625	162355	164455

На основе выработки опытных образцов в экспериментальном колбасном цехе «Технолог» (ВолгГТУ) была произведена оценка экономической эффективности производства путем расчета себестоимости продукта и производственных затрат по рыночным ценам на конец 2021 года. Себестоимость продукции для каждой позиции ассортимента представлена в таблице 5.

По результатам проектной калькуляции расходов на производство образцов можно сделать вывод, что себестоимость опытных образцов не превысила цены фарша из мяса цыплят-бройлеров, который используется при их производстве, что имеет большое значение для продуктов этой сегментной группы. При суммировании всех значений затрат была вычислена себестоимость каждой позиции готового продукта (замороженный рубленый полуфабрикат – котлеты). Для опытного образца № 2 себестоимость составила 164,5 руб./кг, что ниже себестоимости контрольного образца на 18,1 руб./кг, для опытного образца №1 себестоимость составила 162,4 руб./кг, что ниже себестоимости контрольного образца на 20,2 руб./кг. Разность в затратах на производство экспериментальных образцов объясняется разным рецептурным составом фаршевых композиций, а также необходимость внедрения дополнительных технологических стадий при производстве белково-жировых эмульсий и обработки растительного сыря.

Выводы. В сравнении с другими мясными продуктами рубленые замороженные полуфабрикаты имеют определенное преимущество: позволяют производителю реализовывать продукцию в ценовом сегменте «эконом», что повышает спрос на данную продукцию. Именно технология производства комбинированных изделий с использованием белков животного и растительного происхождения (куриной шкурки и пищевых субпродуктов птицы, пророщенного зерна пшеницы, кабачка) способствует снижению себестоимости продукции при сохранении показателей качества на высоком уровне.

При проведении исследования было доказано, что опытные образцы №1 и №2, содержащие в своем составе помимо традиционного сырья пищевые субпродукты птицы и растительные компоненты (пророщенное зерно пшеницы, кабачок), превосходят контрольный образец по функционально-технологическим показателям: ВСС выше на 9,3-9,8 %; ВУС – на 4,0-6,0 %; ЖУС – на 6,5-8,5 %; СЭ – на 6,0-8,0 %.

Пищевая ценность продукта, выработанного по рецептурам опытных образцов №1 и №2, также превосходит контрольный: по содержанию жира – на 0,2 %; по содержанию белка – на 1,3 % в связи с использованием при производстве куриных субпродуктов и шкурки, а также растительных белков (соевого изолята, пророщенного зерна пшеницы).

Производство рубленых формованных полуфабрикатов по предлагаемой технологии можно отнести к эффективной комплексной переработке сырья, так как в рецептуре используется мясо цыплят-бройлеров, пищевые субпродукты (сердца, мышечные желудки, шея с кожей) и куриная шкурка, а также растительные компоненты (пророщенное зерно пшеницы, кабачок), что положительно отражается на экономических показателях производства.

Себестоимость выработанных рубленых замороженных полуфабрикатов – котлет по оптимизированным рецептурам составила 162,4-164,5 рублей за килограмм, что при учете наценки свыше 30 % будет соответствовать средним розничным ценам на продукцию данного вида в Нижневолжском регионе.

Библиографический список

1. Веретнова О. Ю., Сафронова Т. Н. Разработка рецептуры мясных комбинированных фаршей с использованием пророщенного зерна пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. С. 112-115.

2. Влияние растительных компонентов на характеристики полуфабрикатов рубленых в оболочке / А. Д. Тимофеева, В. Н. Храмова, К. С. Федосеев, В. В. Пузанова // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 245-251.
3. Влияние функциональных добавок на качество мясных рубленых полуфабрикатов в оболочке комбинированного состава / В. И. Манжесов, И. В. Максимов, С. Ю. Чурикова, Е. Е. Курчаева, С. В. Калашникова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2018. № 1 (10). С. 138-144.
4. Гаврилова Е. В. Растительное сырье в производстве полуфабрикатов мясных рубленых // Сельскохозяйственный журнал. 2014. № 7.
5. Исследование и разработка мясных рубленых полуфабрикатов / Е. А. Речкина, Г. А. Губаненко, Л. П. Рубчевская, А. И. Машанов // Вестник КрасГАУ. 2015. № 8.
6. Analysis of efficiency of production of sausage products using non-traditional vegetable raw materials / I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, Y. D. Danilov, E. Y. Anisimova, N. I. Mosolova, J. V. Starodubova // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 548 (8).
7. Knorr D., Augustin M. A. Food processing needs, advantages and misconceptions // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 108. P. 103-110.
8. Manufacturing process efficiency analysis of fried sausages with original additives / A. I. Sukhareva, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, S. E. Bozhkova, A. S. Miroshnik // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 677 (3).
9. Method for production of ham products / S. E. Bozhkova, A. S. Zvorygina, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, O. P. Shakhbazova, A. K. Natyrov, A. S. Miroshnik // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 677 (3).
10. Paska M., Masliichuk O. Microstructural studies of improved meat chopped semi-finished products // Chemical Engineering: Food Production Technology. 2017. № 3 (35).
11. Poluskina T. M. Modern Russia agrarian polity in the context of globalization // World of Scientific Discoveries. 2013. Series B. 1. P. 105-119.
12. Ponomarev A. S., Pastushkova E. V., Chugunova O. V. Use of food ingredients of plant origin in the chopped meat semi-finished products technology // Food industry. 2021. № 3.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), зав. кафедрой «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), доктор с.-х. наук, академик РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), профессор кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, E-mail: niimmp@mail.ru

Хорошевская Людмила Викторовна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48).

Божкова Светлана Евгеньевна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), E-mail: bozhkova@mail.ru

Гниломедова Светлана Александровна, магистрант кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), E-mail: niimmp@mail.ru

Абраменко Екатерина Геннадьевна, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48).

EFFECT OF A NEW PREBIOTIC FEED ADDITIVE ON THE QUALITY AND SAFETY OF RAW MILK OF THE GOATS OF ZAAGEN BREED

M. I. Slozhenkina^{1,2}, S. A. Brekhova¹, N. A. Tkachenkova¹,
O. V. Kudruashova¹, E. V. Karpenko^{1,2}, E. S. Vorontsova^{1,3}, A. A. Mosolov¹

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd

²Volgograd State Technical University, Volgograd

³Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 23.05.2022

Submitted 05.09.2022

*The authors express their gratitude to the Russian Scientific Foundation for financial support
in conducting research on the scientific project RSF 21-16-00025 GNU NIIMMP*

Abstract

Introduction. In the work evaluation of dairy efficiency of goats of Saanen breed and changes in qualitative characteristics of raw milk produced by them depending on the feed factor, namely introduction of prebiotic additive «Laktuvet-1» into ration of lactating goats is presented. The aim of the work was to study the influence of the «Laktuvet-1» feed additive on the dairy performance of the Saanen goats and also on the safety of the milk produced and its suitability for industrial processing for food. **Materials and methods.** Means and methods of achieving the purpose of work is the analysis of information from the literature, periodicals, patent sources, normative-technical documentation, data received as a result of theoretical and own experimental researches. **Results and conclusions.** The first stage of the research was an estimation of the milk yield of the experimental goats in the morning and in the evening. Lactation curves were made based on the data obtained. The obtained milk was evaluated according to the following indicators: milk yield during the whole period of lactation during the study, mass fraction of fat, mass fraction of protein, density, acidity, mass fraction of skimmed milk residue, mass fraction of dry milk residue, mass fraction of lactose, mass fraction of salts, concentration of macro- and microelements. Also, the content of heavy metals for an estimation of ecological safety of the received dairy raw materials is investigated. During processing of the received results, it was established that the experimental group of goats on the ration of which the prebiotic additive «Laktuvet-1» was present, was characterized by the increased milk productivity. Raw milk from the above group of goats had higher fat content by 0.54 %, protein content - by 0.80%, density - by 11.10 %; the concentration of toxic substances was significantly lowered: lead - 3 times, arsenic – 1.2 times, mercury – 1.1 times; the content of macro- and microelements was increased, in particular - selenium - 2 times, iodine – 1.2 times, calcium – 15.3 %.

Key words: dairy industry, prebiotic, lactulose, goat milk, macro- and micro elements, heavy metals, lactation curves.

Citation. Slozhenkina M.I., Brekhova S.A., Tkachenkova N.A., Kudruashova O. V., Karpenko Y.V., Vorontsova Y.S., Mosolov A.A. Effect of a new prebiotic feed additive on the quality and safety of raw-milk of the goats of Zaagen breed. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 318-327 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-36.

Author's contribution. All of the authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All of the authors of this article have read and approved the final version as presented.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.39.034:637.07

**ВЛИЯНИЕ НОВОЙ ПРЕБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ
НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ МОЛОКА-СЫРЬЯ
КОЗ ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ****М. И. Сложенкина^{1,2}**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН**С. А. Брехова¹**, младший научный сотрудник**Н. А. Ткаченко¹**, научный сотрудник**О. В. Кудряшова¹**, соискатель;**Е. В. Карпенко^{1,2}**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник**Е. С. Воронцова^{1,3}**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник**А. А. Мосолов¹**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 23.05.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

**Авторы выражают благодарность российскому научному фонду
за финансовую поддержку в проведении исследований по научному проекту
РНФ 21-16-00025, ГНУ НИИММП**

Актуальность. В работе представлена оценка молочной продуктивности коз зааненской породы и изменения качественных характеристик продуцируемого ими молока-сырья в зависимости от кормового фактора, а именно введения в рацион лактирующих коз пребиотической добавки «Лактувет-1». Целью работы является изучение влияния кормовой добавки «Лактувет-1» на молочную продуктивность коз зааненской породы, а также на безопасность получаемого молока и его пригодность для промышленной переработки на продукты питания. **Материалы и методы.** Средствами и методами достижения цели работы является анализ информации из литературных, периодических изданий, патентных источников, нормативно-технической документации, данных, полученных в результате теоретических и собственных экспериментальных исследований. **Результаты и выводы.** Первым этапом исследования стала оценка удоев подопытных коз в утреннее и вечернее время. На основе полученных данных были построены лактационные кривые. Полученное молоко-сырьё оценили по следующим показателям: удой за весь период лактации во время исследования, массовая доля жира, массовая доля белка, плотность, кислотность, массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка, массовая доля сухого молочного остатка, массовая доля лактозы, массовая доля солей, концентрация макро- и микроэлементов. Также исследовано содержание тяжёлых металлов для оценки экологической безопасности получаемого молочного сырья. В ходе обработки полученных результатов установлено, что опытная группа коз, в рационе которых присутствовала пребиотическая добавка «Лактувет-1», отличалась повышенной молочной продуктивностью. Молоко-сырьё от вышеупомянутой группы коз обладало большим содержанием жира – на 0,54 %, белка – на 0,80 %, плотности – на 11,10 %; концентрация токсичных веществ заметно понижена: свинца – в 3 раза, мышьяка – в 1,2 раза, ртути – в 1,1 раза; отмечено повышение содержания макро- и микроэлементов, в частности, селена – в 2 раза, йода – в 1,2 раза, кальция – на 15,3 %.

Ключевые слова: зааненская порода коз, пребиотики, лактулоза, молоко козье, кормление молочных коз, лактационные кривые.

Цитирование. Сложенкина М. И., Брехова С. А., Ткаченко Н. А., Кудряшова О. В., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолов А. А. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на качество и безопасность молока-сырья коз зааненской породы. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 318-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-36.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется козоводству молочного направления продуктивности, которое по степени распространённости и количеству молочных пород значительно превосходит мясное козоводство. Это обусловлено ценностью физико-химического состава козьего молока. Оно обладает лечебными и диетическими свойствами, что способствовало широкому распространению молочного козоводства. Высокая усвояемость компонентов козьего молока и молочных продуктов на его основе делает их востребованными для детского и функционального питания [2, 5, 6].

На территории России на последние годы возросла численность коз молочных пород. Только за последние 3-5 лет в стране насчитывается около 1 млн голов. На развитие козоводства выделяются различного вида дотации с целью поддержки как предпринимателей данного направления деятельности, так и на фермерские хозяйства, занимающиеся разведением мелкого рогатого скота. Согласно информации, представленной на сайте Федеральной службы государственной статистики, наибольший процент разведения поголовья молочных коз приходится на личные подсобные хозяйства [12].

На территории Волгоградской области за последние годы возрос интерес к разведению коз, которые предназначены для изготовления молока и различных молочных продуктов. На данный период времени численность составляет около 10 тыс. голов [7]. Большинство поголовья коз в основном содержится в частном секторе. Преимущественно разводят молочных коз зааненской породы, которые отличаются высокой продуктивностью [9]. Учёные Кабардино-балкарского аграрного университета А. Т. Тарчоков, М. Г. Тлейншева и З. М. Айсанов исследовали качественные показатели молока-сырья от коз зааненской породы, отметив, что данные характеристики более склонны изменяться в зависимости от условий содержания и кормления [11]. С опорой на эти знания ведение научной работы в направлении поиска новых схем кормления сельскохозяйственных животных с целью получения сырья с заданными свойствами является актуальным и востребованным. Благодаря исследованию Е. М. Щетиной и Н. Б. Гавриловой получены данные о том, что «козье молоко зааненской породы отличается несколько увеличенным содержанием таких непредельных жирных кислот, как олеиновая кислота (C18:1) и в значительной степени линоленовой кислоты (C18:2), что характеризует его высокую усвояемость» [2]. Данный научный факт позволяет рассматривать молоко-сырьё, полученное от коз зааненской породы, в качестве основы для создания легкоусвояемых молочных продуктов функциональной направленности.

Для производства молока и изготовления молочной продукции, стабилизации и увеличения роста численности поголовья коз, а также повышения качества получаемого молока-сырья необходимым условием является использование кормов, премиксов, белково-витаминных добавок и комбикормов. Включение в рационы кормления лактирующих коз различных пребиотических добавок способствует улучшению работы желудочно-кишечного тракта, росту и развитию животных, повышению их продуктивности [1, 14, 15, 17]. Исходя из этого пристального внимания заслуживают кормовые добавки, содержащие лактулозу, которые способствуют улучшению работы желудочно-кишечного тракта, так как усиливается перистальтика и повышается осмотическое давление, снижаются сроки выведения токсинов и подавляется колонизация патогенов. Доказано, что пребиотик оптимизирует действия активных метаболических процессов,

способствующие резкому снижению pH среды в толстом отделе кишечника, позволяющие выработке колониальной резистентности микробного сообщества, что приводит к ионизации аммиака и его быстрому выводу из организма [3, 4, 10, 13].

На данном этапе развития козоводства особое внимание уделяют изучению использования кормов для формирования продуктивности коз молочных пород. Исходя из этого использование новых кормовых средств, а именно лактулозосодержащих для увеличения молочной продуктивности и лучшего усвоения питательных веществ является актуальной темой данного исследования.

Целью работы является изучение влияния кормовой добавки «Лактувет-1» на молочную продуктивность коз зааненской породы, а также на безопасность получаемого молока и его пригодность для промышленной переработки на продукты питания.

Материалы и методы. Исследования по использованию пребиотической добавки в рационе коз проведены в Светлоярском районе Волгоградской области на базе предприятия ООО «ЭКОПРОДУКТ» в течение 184 дней. Объектом исследований служили молочные козы зааненской породы голландской селекции. Для проведения опытно-исследовательской работы организовали 2 группы в каждой по 10 голов козоток первой лактации с учётом всех необходимых зоотехнических параметров с целью получения корректных данных исследования. Рацион был представлен травой злаково-разнотравного пастбища, морковью, кукурузой, ячменём, овсом и поваренной солью в качестве зелёных, концентрированных и сочных кормов. Объём рациона составлял 5,595 кг. Для подопытной группы коз рацион был аналогичным и включал в себя пребиотическую кормовую добавку «Лактувет-1», состав которой отражён в таблице 1.

Таблица 1 – Компоненты кормовой добавки «Лактувет-1»

Table 1 – Components of feed additive «Laktuvet-1»

Компонент / Component	Количество, % / Quantity, %
Сухие вещества / Dry matter	97
Лактоза / Lactose	≥25,20
Лактулоза / Lactulose	14,60
Моноза (галактоза, глюкоза) / Monose (galactose, glucose)	≥12,50
Молочная кислота / Lactic acid	5,20
Лимонная кислота / Lemon acid	2,30
Кальций / Calcium	3,40-4,40
Фосфор / Phosphorus	1,40-1,70
Калий / Potassium	0,70-1,70
Магний / Magnesium	0,50-0,70
Азотосодержащие вещества пептидной природы / Nitrogen-containing substances of peptide nature	0,17

Лабораторные исследования качественных показателей полученного молока-сырья были выполнены в «Комплексной аналитической лаборатории» ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции».

В молоко-сырье определяли следующие показатели:

- массовую долю сухих веществ – по ГОСТ Р 54668-2011;
- титруемую кислотность – по ГОСТ 3624-92;
- плотность – по ГОСТ Р 54758-2011;
- массовую долю белка – ГОСТ 23327-98;
- массовую долю жира – ГОСТ 5867-90;
- массовую долю лактозы – по ГОСТ 34304-2017.

– микроэлементный состав 25 элементов – по методу масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП).

Обработку полученных результатов осуществили с помощью электронно-вычислительной техники с применением пакета программ «Microsoft Office». Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента при трёх уровнях вероятности, используя общепринятые математические формулы.

Результаты и обсуждение. Первым этапом исследования стала оценка удоев подопытных коз в утреннее и вечернее время. С течением времени производилась математическая обработка данных, что позволило произвести оценку среднемесячных удоев. Результаты данной оценки представлены на рисунке 1.

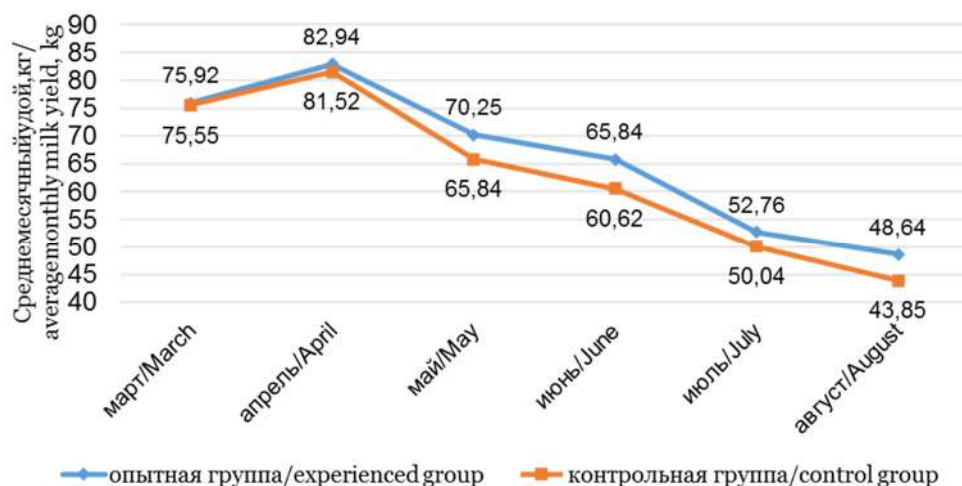


Рисунок 1 – Лактационные кривые подопытных коз зааненской породы

Figure 1 – Lactation curves of experimental Saanen goats

Кривые лактации опытных групп имеют аналогичный характер: период возрастания удоев до второго месяца лактации с дальнейшим монотонным снижением количества вырабатываемого молока. Однако кривая для коз, получавших вместе с основным рационом пребиотическую добавку «Лактувет-1», относительно контрольной группы имеет более пологий характер, что соответствует возрастающему уровню молочной продуктивности.

Для оценки влияния добавки «Лактувет-1» в рационе коз зааненской породы на качество получаемого молока был исследован его физико-химический состав за 184 дня опыта по кормлению. Полученные данные представлены в таблице 2.

Молочная продуктивность опытной группы за 184 дня лактации составила 396,35 кг, что на 18,93 кг или 5,02 % достоверно выше по сравнению с аналогичным показателем у контрольной группы. Далее удои были приведены относительно базисной жирности, которая для Волгоградской области составляет 3,5 %. Так, удои коз опытной группы коз исследуемой породы, согласно расчётам, составил 423,53 кг, что на 116,2 кг или 37,81 % достоверно выше, чем у контрольной группы, соответственно.

При сравнении содержания жира в молоке коз зааненской породы установлено, что в молоке коз опытной группы содержание жира больше в сравнении с молоком животных опытной группы на 0,54 % ($P \geq 0,95$). Это позволило за дойный период 184 дня получить молочного жира на 2,75 кг или на 22,78 % больше относительно контрольной группы. Для белка увеличение массовой доли составило 0,8 % относительно контрольной группы ($P \geq 0,999$). Увеличение массовой доли белка повлияло на его количество: так, от опытной группы зааненских коз было больше на 3,87 кг или на 33,62 % в сравнении с контрольной группой за весь период удоя. При определении в молоке плотно-

сти было обнаружено, что у коз из опытной группы этот показатель был также выше на 1,01 °А или 11,10 % ($P \geq 0,999$). Также отмечено увеличение содержания лактозы на 0,13 % ($P \geq 0,99$) и солей на 0,01% ($P \geq 0,95$) соответственно.

Таблица 2 – Показатели продуктивности зааненских коз
и качества получаемого молока-сырья

Table 2 – Productivity indicators of Saanen goats and the quality of the resulting raw milk

Показатель / Indicator	Группа (n=10) / Group (n=10)	
	контрольная / control	опытная / experienced
Удой за 184 дня лактации, кг / Milk yield for 184 days of lactation, kg	377,42±5,68	396,35±6,01
Удой согласно базисной жирности (3,5%), кг / Milk yield according to basic fat content (3.5%), kg	307,33±4,32	423,53±6,99
Количество молочного жира, кг / The amount of milk fat, kg	12,07±0,44	14,82±0,67
Количество молочного белка, кг / The amount of milk protein, kg	11,51±0,30	15,38±0,31
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,2±0,06*	3,74±0,34*
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,05±0,15***	3,88±0,03***
Плотность, °А / Density, °А	28,57±0,3***	32,08±0,31***
Кислотность, °Т / Acidity, °Т	17,01±1,99	16,50± 2,09
Массовая доля СМО, % / Mass fraction of the Dry Skimmed Milk Residue, %	8,60±0,15***	9,28±0,03***
Массовая доля СМО, % / Mass fraction of Dry Milk Residue, %	11,80±0,15***	13,02±0,31***
Массовая доля лактозы, % / Mass fraction of lactose, %	4,47**	4,60**
Массовая доля солей, % / Mass fraction of salts, %	0,71*	0,80*

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$.

В конце опытного периода скармливания опытного препарата «Лактувет-1» была произведена оценка содержания макро- и микроэлементного состава, полученного молока-сырья. Для упрощения количественной оценки химических элементов молока построены групповые гистограммы для микро-, макроэлементов, а также токсичных элементов, представленные на рисунках 1, 2 и 3, соответственно.

При сравнении содержания микроэлементов в молоке коз зааненской породы установлено, что в молоке коз опытной группы увеличилось содержание метаболически зависимых и востребованных в питании человека нутриентов [8, 16] – селена и йода в 2 и 1,2 раза ($P \geq 0,95$) соответственно. Данные факты позволяют рассматривать полученное молоко-сырьё для производства функциональных продуктов, в частности для профилактики отравлений людей, работающих на вредном производстве, для профилактики и лечения гипотиреоза. Для остальных микроэлементов отмечены следующие закономерности: содержание кобальта, хрома и лития в опытном образце козьего молока относительно контрольного осталось неизменным, в то время содержание цинка возросло на 0,6 мкг/г, алюминия – на 0,13 мкг/г, меди и стронция – на 0,01 мкг/г, никеля – на 0,001 мкг/г.

При сравнении содержания макроэлементов в молоке коз зааненской породы отмечено значительное увеличение содержания кальция в молоке опытной группы коз на 202 мкг/г, что выше опытного образца молока на 15,3 %. Повышение содержания данного макроэлемента в молоке-сырье определяет приоритет для переработки в направлении белковых продуктов. Также отмечено увеличение содержания в опытном образце молока натрия – на 167 мкг/г, магния – на 25 мкг/г, фосфора – на 2 мкг/г.

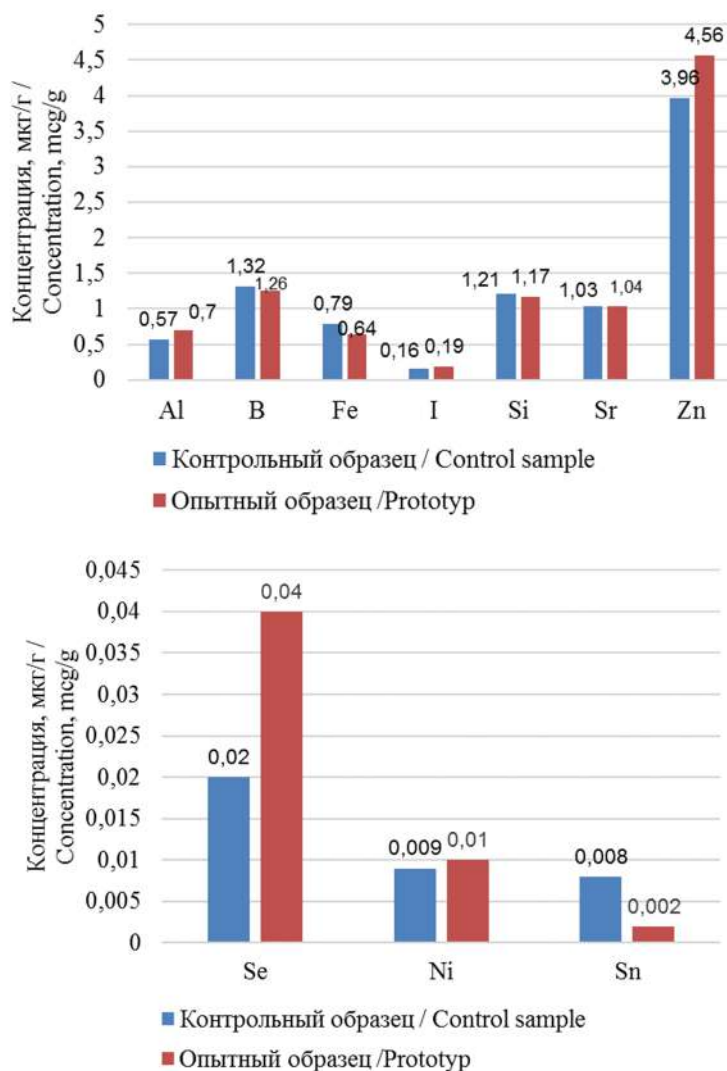


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика микроэлементов в козьем молоке

Figure 2 – Comparative characteristics of trace elements in goat milk

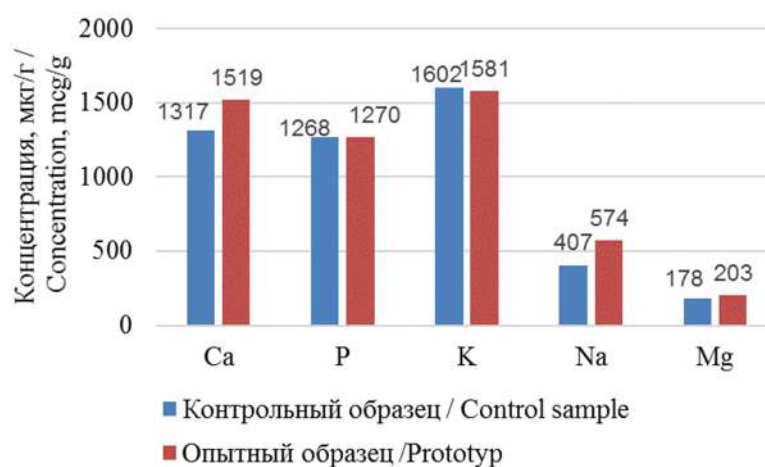


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика макроэлементов в козьем молоке

Figure 3 – Comparative characteristics of macronutrients in goat milk

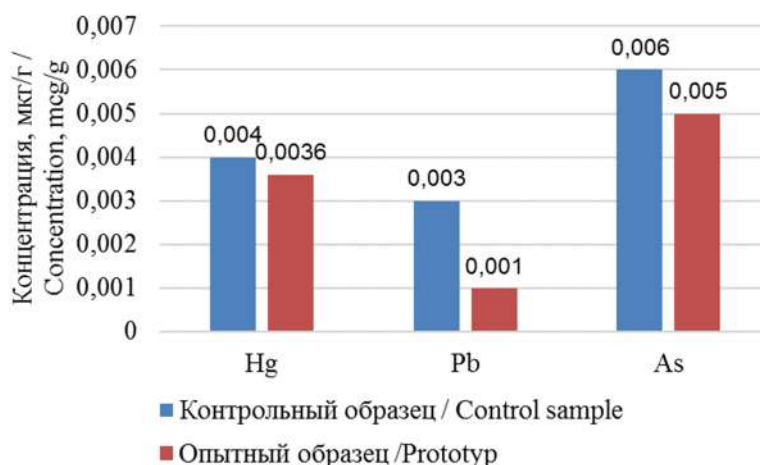


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика токсичных элементов в козьем молоке

Figure 4 – Comparative characteristics of harmful elements in goat milk

Оценка экологической безопасности полученного молока от опытной группы в сравнении с контрольной группой коз зааненской породы показала, что содержание кадмия осталось неизменным. В опытном образце молока-сырья содержание свинца снизилось в 3 раза или на 0,002 мкг/г, мышьяка – в 1,2 раза или на 0,001 мкг/г, ртути – в 1,1 раз или на 0,0004 мкг/г, что может быть обусловлено способностью пребиотика в составе добавки «Лактувет-1» связывать и выводить тяжёлые металлы из организма животных. Вышеприведённые данные открывают перспективы направления выработанного козьего молока-сырья для производства продуктов детского питания, в которых особое внимание уделяется экологической безопасности сырья.

Выводы. В ходе опыта по кормлению опытной группы коз зааненской породы в количестве 10 голов в течение 184 дней с добавлением к основному рациону препарата «Лактувет-1» выявлена положительная динамика уровня молочной продуктивности относительно контрольной группы с питанием без исследуемой пребиотической добавки. Прирост молочной продуктивности составил 5,02 %. Все качественные показатели опытного молока-сырья, включая массовую долю жира, белка, лактозу и солей, плотность, для опытной группы имеют положительную динамику в приросте на 0,54 %, на 0,8 %, 0,13 % на 0,01 % и 1,01 °А, соответственно, относительно молока, полученного от контрольной группы аналогичных животных. Введение «Лактувет-1» в рацион коз благотворно влияет на концентрацию эссенциальных нутриентов. Получаемое молоко-сырьё обладает повышенной биологической ценностью, так как содержание дефицитных для Поволжья микроэлементов – йода и селена – возросло в 1,2 и 2 раза. Также в молоке контрольной группы зааненских коз отмечено увеличение содержания кальция на 15,3 %. Отмечено увеличение содержания следующих минералов: натрия – на 167 мкг/г, магния на 25 мкг/г, фосфора – на 2 мкг/г, цинка – на 0,6 мкг/г, алюминия – на 0,13 мкг/г, меди и стронция – на 0,01 мкг/г, никеля – на 0,001 мкг/г.

Оценка безопасности молока показала, что полученное молоко-сырьё обладает более высоким показателем безопасности, так как снижено содержание свинца в 3 раза, мышьяка – в 1,2 раза и ртути – в 1,1 раза. Это обусловлено способностью пребиотиков связывать и выводить тяжёлые металлы из организма подопытных животных. Полученные знания открывают перспективы направления полученного молока-сырья от опытной группы коз зааненской породы для переработки с целью получения высокобелковых продуктов, в производстве продуктов детского питания, а также для выработки продуктов функциональной направленности.

Библиографический список

1. Абилов Б. Т., Марынич А. П., Халимбеков З. А. Продуктивность козлят зааненской породы при использовании в рационе кормовой добавки «Organic» // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4 (13). С. 14-19.
2. Гаврилова Н. Б., Щетинина Е. М. Козье молоко - биологически полноценное сырьё для специализированной пищевой продукции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 66-75.
3. Гринь М. С. Использование лактулозы в составе комбикорма КР-1 // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2019. № 22 (1). С. 178-184.
4. Интенсивная технология производства кормовой добавки на основе лактулозы с высокой бифидогенной активностью / В. Г. Куленко, В. Б. Шевчук, Е. А. Фиалкова, Ю. В. Виноградова, А. А. Кузин, Т. В. Новикова, Ю. А. Воеводина // Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 4 (32). С. 63-71.
5. Киреева А. Б., Якубова Э. Ж., Исаева К. С. Козье молоко в аспекте функционального питания // Юный ученый. 2018. № 4 (18). С. 73-75.
6. Короткова А. А. Новые функциональные продукты из козьего молока, обогащенного биодоступным йодом и селеном // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2011. № 1. С. 104-109.
7. Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации: ФЗ 29.11.2007 № 282-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 20.12.2014. № 26. Ст. 3392.
8. Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности / Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива, С. В. Новоселов // Техника и технология пищевых производств. 2020. № 50 (1). С. 124-139.
9. Смолин С. Г., Федорова Е. Г., Сидорова А. Л. Молочная продуктивность коз зааненской породы при содержании их в условиях зоофермы красноярского ГАУ // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 9 (174). С. 144-149.
10. Современные технологии в молочном козоводстве / М. Ю. Санников, С. И. Новопашина, Л. Н. Григорян, Ю. А. Юлдашбаев, О. В. Ласточкина, И. И. Лукин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 141-149.
11. Тарчоков А. Т., Тлейншева М. Г., Айсанов З. М. Качественный состав молока коз зааненской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 45-46.
12. Федеральная служба государственной статистики. 2022. <http://www.gks.ru/>
13. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы / С. А. Рябцева, А. Г. Храпцов, Р. О. Будкевич, Г. С. Анисимов, А. О. Чукло, М. А. Шпак // Вопросы питания. 2020. № 89 (2). С. 5-20.
14. Функ И. А., Отт Е. Ф., Владимиров Н. И. Подбор микроорганизмов в состав пробиотика для коз // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 110-114.
15. Ovcharova A. N., Safronova O. V., Polyakova L. L. Influence of probiotic lactobacilli on nonspecific resistance and physiological parameters of laboratory animals // Pharmacokinetics and Pharmacodynamics. 2019. No 2. P. 28-31.
16. Solovyev N., Vanhacck F., Michalk B. Selenium and iodine in diabetes mellitus with a focus on the interplay and speciation of the elements // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2019. No 56. P. 69-80.
17. The degradation of amino acids, proteins, and blood to short-chain fatty acids in colon is prevented by lactulose / P. B. Mortensen, K. Holtug, H. Bonnén, M. R. Clausen // Gastroenterology. 1990. No 98 (2). P. 353-60.

Информация об авторах

Сложенкина Марина Ивановна, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6) e-mail: niimmp@mail.ru

Брехова Светлана Андреевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6) e-mail: sveta511518@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6) e-mail: natashka34rus@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6).

Карпенко Екатерина Владимировна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, e-mail: esvoronts@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, e-mail: esvoronts@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор биологических наук, e-mail: niimpp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-37

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PREMIXES IN FEEDING CALVES DURING THE DAIRY PERIOD ON THEIR GROWTH AND DEVELOPMENT

S. I. Nikolaev, O. Yu. Bryukhno, S. Yu. Agapov,
E. A. Lipova, S. N. Kupriyanov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 26.05.2022

Submitted 31.08.2022

Abstract

Introduction. The article presents the material of scientific and economic experience on calves up to twelve months. During the rearing of young animals, a promising technology is the rearing of calves, when premixes are included in the training period. **Object.** The object of the study is to study the effect of premixes in feeding calves of the Holstein breed on their productivity. **Materials and methods.** The research is based on conducting scientific and economic experience on Holstein heifers on the basis at the Korshevo livestock complex of the Limited Liability Company «EkoNivaFgro» of the Bobrovsky district of the Voronezh region in the period from 2018 to 2021. Calves were selected into groups taking into account the conditions of the experiment by the method of pairs of analogues (by live weight, date of birth) of 15 heads in each of the groups. **Results and conclusions.** During the period of the experiment, the absolute increase in Holstein heifers of the control group left – 252.98 kg, animals of the first experimental group – 282.74 kg, and their analogues from the second experimental group - 281.11 kg, which exceeded the control group by 29.76 kg and 28.13 kg respectively. At the same time, in the control group, the average daily increase was 693.10 g, in the first experimental group – 774.63 g, which significantly exceeded the control by 81.53 g, or 11.76%. In turn, the fertilization rate of heifers in the control group was 60.0%, and in animals of the second experimental group it was 5.8% higher than in the control group, but lower than in analogues from the first experimental group - 0.9%.

Keywords: *Holstein heifers, dynamics of live weight, productivity, complex of premixes, feeding, daily diet.*

Citation. Nikolaev S.I., Bryukhno O.Yu., Agapov S.Yu., Lipova E.A., Kupriyanov S.N. The effectiveness of the use of premixes in feeding calves during the dairy period on their growth and development. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 327-334 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-37.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.22.28.087

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕМИКСОВ В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ В МОЛОЧНЫЙ ПЕРИОД НА ИХ РОСТ И РАЗВИТИЕ

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук
О. Ю. Брюхно, кандидат сельскохозяйственных наук
С. Ю. Агапов, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. А. Липова, кандидат сельскохозяйственных наук
С. Н. Куприянов, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.05.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Актуальность. В статье представлен материал проведения научно-хозяйственного опыта на телятах до двенадцати месяцев. В период выращивания молодняка перспективной технологией является выращивание телят, когда в молочный период включают премиксы. **Объект.** Объектом исследования является изучение влияния премиксов в кормлении телят голштинской породы на их продуктивность. **Материалы и методы.** Исследование основано на проведении научно-хозяйственного опыта на тёлочках голштинской породы на базе животноводческого комплекса «Коршево» ООО «ЭкоНиваАгро» Бобровского района Воронежской области в период с 2018 г по 2021 г. Телят в группы подбирали с учетом условий проведения опыта методом пар-аналогов (по живой массе, дате рождения) по 15 голов в каждой из групп. **Результаты и выводы.** За период опыта абсолютный прирост тёлочек голштинской породы контрольной группы составил 252,98 кг, животных первой опытной группы – 282,74 кг, а их аналогов из второй опытной группы – 281,11 кг, что превысило группу контроля на 29,76 кг и 28,13 кг соответственно. При этом в группе контроля показатель среднесуточного прироста был равен 693,10 г, в первой опытной группе – 774,63 г, что достоверно превзошло контроль на 81,53 г, или 11,76 %. В свою очередь оплодотворяемость телочек в контрольной группе составила 60,0 %, а у животных второй опытной группы на 5,8 % выше, чем в контроле, но ниже, чем у аналогов из первой опытной – 0,9 %.

Ключевые слова: телочки голштинской породы, динамика живой массы телок, продуктивность телок, комплекс премиксов, кормление телок, суточный рацион телок.

Цитирование. Николаев С. И., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Липова Е. А., Куприянов С. Н. Эффективность применения премиксов в кормлении телят в молочный период на их рост и развитие. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 327-334. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На протяжении многих лет ученые всего мира изучают влияние кормов и принципов кормления на продуктивность сельскохозяйственных животных [2, 7]. Результаты ряда научно-исследовательских работ свидетельствуют о том, что продуктивность животных и показатели производства продукции обуславливаются ростом при улучшении кормовой базы, рациональном использовании кормовых ресурсов и повышением качества рационов [5, 8].

На сегодняшний день важнейшей задачей скотоводства страны заключается в получении быстрорастущих животных, устойчивых к заболеваниям и с хорошо развитой конституцией [3, 9].

Производство животноводческой продукции во многом зависит от состояния и разнообразия кормовой базы [11]. Улучшение кормовой базы должно идти по линии организации интенсивной системы кормопроизводства и современной индустрии кормов [1, 10]. Включение в рацион различных балансирующих добавок и премиксов позволяет обеспечить животных всех видов полноценным кормлением, что в настоящее время значительно отстает от потребностей животноводства [2, 4].

Необходимо создать эффективную технологию выращивания молодняка крупного рогатого скота на основе снижения стоимости кормов, затрат труда и повышения интенсивности роста и развития телят [6, 12].

В связи с этим целью эксперимента стало исследование влияния премиксов ЗП61-2С на основе кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта» Мегамикс Норис и Мегамикс Витула Опти на рост и развитие телят-молочников.

Материалы и методы. Исследования по использованию премикса ЗП61-2С и комплекс премиксов Мегамикс Норис и Мегамикс Витула Опти в кормлении молодняка были организованы на базе животноводческого комплекса в период с 2018 г. по 2021 г. Для этого на голштинских тёлочках от 0 до 12 месяцев жизни организовали научно-хозяйственный опыт. Телят в группы подбирали с учетом условий проведения опыта методом пар-аналогов (по живой массе, дате рождения) по 15 голов в каждой из групп (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Scheme of experience

Группы подопытные	Численность в группе, гол.	Характеристика кормления
Условия опыта до 6-месячного возраста		
Контрольная	15	Хозяйственный рацион (ХР) + премикс П-62-1
1 опытная	15	ХР + премикс Мегамикс Норис
2 опытная	15	ХР + премикс ЗП61-2С
Условия опыта с 6-месячного до 12-месячного возраста		
Контрольная	15	Хозяйственный рацион (ХР) + премикс П-63-1
1 опытная	15	ХР + премикс Мегамикс Витула Опти
2 опытная	15	Хозяйственный рацион (ХР) + премикс ЗП61-2С

На предприятии уже с 14 дня жизни телятам скармливают комбикорм-стартер № 3, в состав которого входит зерно кукурузы, шрот рапсовый, шрот соевый, патока, зерно ячменя, премикс П-62-1. Животным первой опытной группы в состав комбикорма-стартера взамен премикса П-62-1 вводили премикс Мегамикс Норис, а по достижении 6-месячного возраста в состав хозяйственного рациона был введен премикс Мегамикс Витула Опти. Во второй опытной группе телятам скармливали также комбикорм-стартер № 3, но вместо премикса П-62-1 вводили премикс ЗП61-2С на основе кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта». Выпойку молоком или ЗЦМ производили с рождения и до пяти месяцев, постепенно уменьшая количество молока, заменяя его другими компонентами рациона исходя из потребностей организма телок в питательных веществах. Основной задачей данного периода выращивания является приучение телок к большому количеству объемистых кормов в рационе. При этом особое внимание следует уделить контролю за полноценным уровнем минеральных веществ, содержащихся в комбикорме молодняка, особенно достаточному содержанию меди, марганца и цинка, так как эти элементы способствуют нормальному развитию органов репродуктивной системы.

Результаты и обсуждение. В ходе проведения исследований было отмечено, что при одинаковом весе телят контрольной и опытных групп при рождении, где данный показатель составил 35,56-35,73 кг, во время организации научно-хозяйственного опыта его динамика различалась в опытных группах, что связано с применением в рационе телят премиксов.

Основополагающим фактором, характеризующим высокий уровень эффективности производства продукции скотоводства, считается динамика изменения живой массы молодняка.

Такой биологический процесс, как рост животного во многом зависит от уровня питания, что отражается на увеличении массы тела. С помощью учета результатов взвешиваний за определенный период времени устанавливают изменения живой массы телят (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика увеличения живой массы телят, кг

Table 2 – Dynamics of increase in live weight of calves, kg

Возраст животных	Группа животных		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
При рождении	35,56±0,27	35,73±0,38	35,68±0,22
1 месяц	54,83±1,15	56,18±1,31	56,98±1,25
2 месяца	74,95±1,67	78,77±1,77	79,15±1,71
3 месяца	101,54±2,01	108,53±1,63*	107,22±1,57
4 месяца	124,04±1,98	132,92±2,26*	131,18±2,20
5 месяцев	149,25±1,96	159,74±2,34**	158,28±2,28
6 месяцев	173,26±1,83	185,94±1,93***	183,42±1,87
9 месяцев	226,11±2,04	245,75±2,35***	242,95±2,29
12 месяцев	288,54±6,93	318,47±7,39**	316,79±7,33

При этом анализ данных показал, что животные, которым скормливали новые усовершенствованные премиксы Мегамикс Норис и Мегамикс Витула Опти, обладали более высокой скоростью роста. Живая масса тёлочек была выше чем у животных контрольной группы на 5,68 кг, но ниже живой массы аналогов из первой опытной группы на 1,31 кг. Аналогичная положительная динамика наблюдалась и в следующие месяцы выращивания. В 6 месяцев голштинский молодняк первой опытной группы весил 185,94 кг, что оказалось выше в сопоставлении с животными группы контроля на 12,68 кг, или 7,32 % ($P > 0,999$). Тёлочки второй опытной группы в 9-месячном возрасте обладали позитивной разницей по живой массе над тёлочками из группы контроля в размере 19,64 кг, или 8,69 % ($P > 0,999$), в сравнении с животными второй опытной группы разница была в пользу тёлочек из первой опытной группы на 2,8 кг. В конце опыта живая масса молодняка, которому скормливали изучаемые премиксы, составила 318,47 кг у животных первой опытной группы и 316,79 у животных второй опытной группы.

По приростам живой массы (среднесуточному и относительному) дают оценку скорость роста животного. Чем выше среднесуточные приросты, тем быстрее растёт животное. Приросты среднесуточный и относительный рассчитывались на основании данных индивидуальных взвешиваний. Наряду с увеличением живой массы подопытных животных, повысились и среднесуточные приросты телят.

Начиная уже с первого месяца исследований у ремонтного голштинского молодняка, потреблявшего с комбикормом-стартером испытываемые премиксы Мегамикс Норис и ЗП61-2С, наметилась позитивная тенденция к повышению среднесуточных приростов живой массы. Эта динамика сохранилась и на всём протяжении научно-хозяйственного опыта.

В среднем за 12 месяцев выращивания ремонтных голштинских тёлочек контрольной группы абсолютный прирост живой массы оказался равным 252,98 кг, у тёлочек первой опытной группы – 282,74 кг и у животных второй опытной группы – 281,11 кг что превысило группу контроля на 29,76 кг и 28,13 кг соответственно. При этом в группе контроля показатель среднесуточного прироста был равен 693,10 г, в первой опытной группе – 774,63 г, что достоверно ($P > 0,999$) превзошло контроль на 81,53 г, или 11,76 %. При расчёте относительной скорости роста за 12 месяцев выращивания выявлена также позитивная разница в первой опытной группе в сопоставлении с контрольной на 3,54 %.

Таким образом, использование новых усовершенствованных рецептов премиксов комплекса Мегамикс Норис и Мегамикс Витула Опти и премикса ЗП61-2С на основе кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта» в кормлении ремонтных тёлочек голштинской породы способствует лучшей динамике живой массы, увеличению приростов и относительной скорости роста.

Определение экстерьерно-конституциональных особенностей важно при создании высокопродуктивных стад животных с желательными формами телосложения, которые будут наиболее приспособлены к современным промышленным технологиям. В ходе проведения исследовательских изысканий были определены промеры подопытных животных, на основании которых рассчитаны индексы телосложения (таблица 3).

Таблица 3 – Индексы телосложения молодняка КРС

Table 3 – Indices of the physique of young cattle

Индекс	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Длинноноготь	50,42±0,93	50,17±1,07	50,28±1,01
Растянугость	103,14±2,54	102,95±2,61	102,15±2,55
Тазо-грудной	91,49±1,98	91,88±2,06	91,54±2,11
Грудной	60,79±1,06	61,25±1,00	61,32±1,08
Сбитость	127,24±2,99	127,35±2,84	127,41±2,78
Костистость	15,79±0,61	15,85±0,74	15,83±0,63

При анализе данных по результатам произведенных промеров получено, что тёлочки первой опытной группы имели более длинную косую длину туловища на 0,6 см по сравнению с контролем, а также более интенсивное развитие по обхвату и глубине груди. Животные опытных групп имели позитивное различие от своих сверстниц из контрольной группы по изменению высотных промеров (высота в холке и в крестце), а также промеров ширины груди и в маклоках.

При анализе индексов телосложения подопытного молодняка мы видим незначительное превосходство тёлочек из опытных групп над животными из контрольной группы.

Оптимальное откармливание молодых животных оказывает прямое влияние на раскрытие генетических возможностей коров в будущем. Однако, специалисты отмечают, что при упущении проблем с кормлением, приводящих к отставанию в росте молодняка, во взрослом периоде невозможно компенсировать. Данные исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Воспроизводительная способность ремонтных телок

Table 4 – Reproductive capacity of repair heifers

Показатель	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Возраст проявления первой половой охоты телок, дней	219,2±11,3	210,1±12,4	211,7±11,8
Средняя продолжительность постоянного полового цикла, дней	19,9±0,20	20,1±0,21	20,0±0,23
Возраст первого плодотворного осеменения телок, дней	473,1±21,8	423,3±20,7*	425,32±20,1
Оплодотворяемость от 1-го осеменения, %	60,0	66,7	65,8
Индекс осеменения	1,7	1,6	1,6
Продолжительность стельности, дней	285,8±3,5	286,3±3,7	285,9±3,1
Возраст при первом отеле, дней	758,9±21,1	709,6±18,5*	710,8±19,1
Живая масса телят при рождении, кг	32,7±1,7	33,6±1,2	33,1±1,4
Количество трудных отелов, %	13,3	6,7	6,9

Осеменение телок в хозяйственных условиях предполагается при достижении ими 65-70 % массы взрослых коров. Более высокие темпы роста ремонтных телок опытной группы обеспечили возможность их плодотворного осеменения в возрасте 14 месяцев.

Анализ данных, полученных в результате исследования, показывает, что в опытных группах возраст появления первой половой охоты наступил раньше, чем у телок в контрольной группе.

Из таблицы видно, что у телочек контрольной группы первая половая охота наступала в 219,2 дня, в первой опытной группе на 9,1 день раньше – в 210,1 день. Во второй опытной группе половая охота наступила на 7,5 дней раньше, чем у телок из контрольной группы и на 1,6 дней позже чем у животных первой опытной группы (рисунок 1).

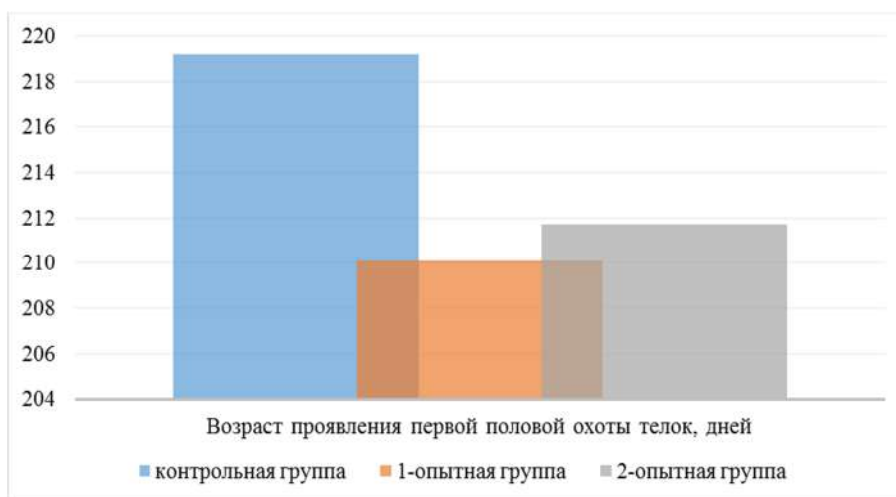


Рисунок 1 – Возраст первой половой охоты / Figure 1 – Age of the first sexual hunt

Возраст первого плодотворного осеменения у телок контрольной группы составил 473,1 день. Применение современных рецептов премиксов в кормлении животных способствовало достижению наиболее раннего продуктивного осеменения на 49,8 дня в 1 опытной группе и 47,78 дней во 2 опытной группе. Оплодотворяемость телок в контрольной группе составила 60,0 %, что ниже, чем в опытных группах на 6,7 %, 65,8 % соответственно (рисунок 2).

Возраст первого отела телочек из контрольной группы наступил на 758,9 день, что больше чем у животных из 1-опытной группы на 49,3 дня. Разница между животными контрольной и второй опытной группой была 48,1 день у животных второй опытной группы.



Рисунок 2 – Возраст первого плодотворного осеменения телок

Figure 2 – Age of the first fruitful insemination of heifers

Выводы. За период опыта абсолютный прирост телочек голштинской породы контрольной группы составил 252,98 кг, животных первой опытной группы – 282,74 кг, а их аналогов из второй опытной группы – 281,11 кг, что превысило группу контроля на 29,76 кг и 28,13 кг соответственно. При этом в группе контроля показатель среднесуточного прироста был равен 693,10 г, в первой опытной группе – 774,63 г, что достоверно превзошло контроль на 81,53 г, или 11,76 %. В свою очередь оплодотворяемость телочек в контрольной группе составила 60,0 %, а у животных второй опытной группы на 5,8% выше чем в контроле, но ниже чем у аналогов из первой опытной – 0,9 %.

Таким образом, лучшими воспроизводительными способностями обладали ремонтные телочки из опытных групп, в рацион которых входили изучаемые премиксы Мегамикс Норис и Мегамикс Витула Опти и премикс ЗП61-2С на основе кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта».

Библиографический список

1. Влияние минерального гранулированного комплекса на морфологические и биохимические показатели крови бычков / О. Ю. Брюхно, С. Ю. Агапов, Е. А. Липова, Т. А. Землякова, Р. Н. Дронов // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 3(39). С. 30-36.
2. Влияние новой пробиотической кормовой добавки на мясную продуктивность бычков калмыцкой породы / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Д. В. Николаев, С. А. Суркова, А. А. Мосолов, Е. В. Карпенко // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 3. С. 31-34.
3. Влияние премиксов на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота / С. В. Чехранова, С. И. Николаев, В. В. Ионов, С. Н. Куприянов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 47-51.
4. Влияние факторов кормления на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота / Гунашев И.А., Гаджаева З.М., Алиева С.М., Ахмедханова Р.Р.// Проблемы развития АПК региона. 2022. № 1 (49). С. 79-87.
5. Действие новой кормовой добавки на мясную продуктивность и качество мяса бычков / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. В. Ранделин, В. В. Ранделина, О. А. Суторма, Х. Б. Гаряева, Д. А. Мосолова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 57-60.
6. Залюбовская Е. Ю., Чубин А. Н. Влияние скармливания различных форм микроэлементов на рост, развитие и обмен веществ молодняка крупного рогатого скота // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4 (44). С. 116-120.
7. Использование премикса «Пекмелин» в кормлении крупного рогатого скота / А. И. Фролов, Г. В. Иванова, Д. В. Малаев, В. Ю. Лобков // Вестник АПК Верхневолжья. 2013. № 1(21). С. 93-100.
8. Краснощекова Т. А., Тюкавкина О. Н. Влияние ферментных пробиотиков на рост, развитие и обмен веществ у молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 4 (189). С. 24-35.
9. Николаенко Е. И., Лукина Д. В., Глебова И. В. Особенности кормления телят в молозивный период // Наука и общество в условиях глобализации. 2019. № 1(6). С. 30-33.
10. Improving the protein nutritional value of the diets for farm animals and poultry by introducing oil industry waste / S. I. Nikolaev, S. V. Chekhranova, F. K. Karapetyan, M. P. Kantemirova, P. A. Shevchenko, N. V. Struk // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. Special Issue 1. P. 78-84.
11. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture / S. I. Nikolaev, A. V. Randelin, A. K. Karapetyan, S. N. Kupriyanov, S. V. Chekhranova, E. A. Morozova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. No 965 (1). 012026.
12. The use of wastes from the fat-and-oil industry in feeding calves in order to improve environmental safety / O. Y. Bryukhno, S. I. Nikolaev, S. Y. Agapov, E. A. Lipova, V. N. Agapova, D. N. Spiridonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 965 (1). 012018.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694> nikolaevvolgau@yandex.ru

Брюхно Ольга Юрьевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-1359> o.bruhno@yandex.ru

Агапов Сергей Юрьевич, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0896-4336> agapov_s_y@mail.ru

Липова Елена Андреевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6625-8675> Lipova.elenka@mail.ru

Куприянов Сергей Николаевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kupriy-sergej@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-38

EFFECTS OF PROTEIN CONCENTRATE «AGRO-MATIC» ON THE PRODUCTIVE QUALITIES OF JUVENILES RAINBOW (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) AND AMBER (*ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM*) TROUT

**D. A. Randelin, A. I. Novokshchenova, Yu. V. Kravchenko,
E. S. Vorontsova, T. V. Kuznetsova, A. K. Ramazan**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 18.05.2022

Submitted 08.09.2022

Summary

The effectiveness of using the protein concentrate «Agro-Matic» (as well as the possibility of using a probiotic in its composition) in feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and amber trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) was experimentally determined. The tested protein concentrate assumes a reduction in the consumption of low-quality fish meal as part of production compound feeds, and a transition to domestic trout feeds without deterioration in the quality and growth rate of fish.

Abstract

Introduction. Modern imported granular salmon feeds include components of animal origin (mainly fish meal), high-protein components of plant origin and products of microbiological production. Currently, as part of the import substitution program, a number of domestic feed companies are working to create their own salmon feeds that are similar or superior in basic characteristics to imported ones. However, the quality and cost of fishmeal, which is part of the feed, does not always meet the expectations of producers, therefore, the search for inexpensive available protein sources that can reduce the consumption of fishmeal is an urgent task for the further development of aquaculture in Russia. **Object.** The experimental salmon feed Aqua-Matic contains protein concentrate «Agro-Matic» (poultry meat and bone meal, feed legume lupin, fish oil, probiotic) the amount of protein is 40%. The tested composition of the feed for rainbow and amber trout increases the productive qualities and improves the state of the intestinal microflora of rainbow and amber trout juveniles when grown in the conditions of ultrasound. **Materials and methods.** The study was conducted in the period from 20.03.2020 to 20.05.2020 in the conditions of Installation of the Closed Water Supply - Problem Research Laboratory «Breeding of valuable sturgeon breeds» of the Volgograd State Agrarian University. The experiment was conducted on the basis of a basic zootechnical method based on the formation of groups of analogues. **Results and conclusions.** The study of the productive indicators of two types of trout grown on the tested production granular compound feeds Aqua-Matic showed the effectiveness of the use of this feed. According to the results, individuals differed from the control group by an average of

only 24.4%. According to the results of the experiment, the production feed for trout produced by Limited Liability Company - Research and Production Association «Agro-Matik», had a feed coefficient of 0.9-1. The fatness coefficient was up to 1.3. The addition of a probiotic to the composition of the tested feed also showed good results. When comparing the growth rates of rainbow trout in 100% of cases, the best results were obtained by individuals who received feed with a dietary supplement. In amber trout, in terms of total weight, individuals receiving Aqua-Matic feed had better results than Aqua-Matic + probiotic by 7.1%, in terms of average weight, individuals receiving Aqua-Matic feed had better results by weight than Aqua-Matic + probiotic by 0.5%. This is probably due to the peculiarities of the physiology of amber trout. It was noted that individuals who received experimental food and individuals of *Oncorhynchus mykiss* had better survival rates than *Oncorhynchus mykiss Walbaum* and control groups. Thus, the results of the experiment showed the effectiveness of feeding rainbow and amber trout juveniles (instead of imported feeds) with Aqua-Matic production granular compound feed (containing protein concentrate), produced by Limited Liability Company - Research and Production Association «Agro-Matik», at a rate of 3.4% of the current weight of the fish.

Key words: *production salmon compound feed «Aqua-Matic», protein concentrate «Agro-Matic», rainbow trout, amber trout, probiotic, meat and bone meal of poultry, fodder legume culture lupin.*

Citation. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Kuznetsova T. V., Ramazan A. K. Effects of protein concentrate «Agro-Matic» on the productive qualities of juveniles rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) and amber (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) trout. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 334-344 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-38.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 639.3.07

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «АГРО-МАТИК» НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА МОЛОДИ РАДУЖНОЙ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) И ЯНТАРНОЙ (*ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM*) ФОРЕЛИ

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор

А. И. Новокщёнова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ю. В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Т. В. Кузнецова, соискатель; А. К. Рамазан, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 18.05.2022

Дата принятия к печати 08.09.2022

Актуальность. Современные импортные гранулированные лососевые корма включают компоненты животного происхождения (в основном рыбную муку), высокобелковые компоненты растительного происхождения и продукты микробиологического производства. В настоящее время в рамках программы импортозамещения ряд отечественных кормовых компаний ведёт работы по созданию собственных лососевых кормов, аналогичных или превосходящих по основным характеристикам импортные. Однако, качество и стоимость рыбной муки, входящей в состав кормов, не всегда соответствуют ожиданиям производителей, поэтому поиск недорогих доступных источников протеина, способных снизить потребление рыбной муки, является актуальной задачей дальнейшего развития аквакультуры России. **Объект.** Опытный лососевый корм Аква-Матик содержит белковый концентрат «Агро-Матик» (мясокостная мука птицы,

кормовая бобовая культура люпин, рыбий жир, пробиотик) количество протеина – 40 %. Испытуемый состав корма для радужной и янтарной форели повышает продуктивные качества и улучшает состояние кишечной микрофлоры молоди радужной и янтарной форели при выращивании в условиях УЗВ. **Материалы и методы.** Исследование проведено в период с 20.03.2020-20.05.2020 в условиях УЗВ ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Опыт проведен по зоотехническому методу на основе формирования групп-аналогов. **Результаты и выводы.** Изучение продуктивных показателей двух видов форели, выращиваемых на испытуемых продукционных гранулированных комбикормах Аква-Матик, показало эффективность применения данного корма. По результатам особи имели отличия от контрольной группы в среднем всего на 24,4 %. По результатам опыта продукционные корма для форели производства ООО НПО «Агро-Матик» имели кормовой коэффициент 0,9-1. Коэффициент упитанности – до 1,3. Добавление пробиотика в состав испытуемого корма показало также хорошие результаты. При сравнении показателей роста радужной форели в 100 % случаев лучшие результаты имели особи, получавшие корма с биодобавкой. У янтарной же форели по показателю общая масса особи, получавшие корм Аква-Матик, имели лучшие результаты, чем Аква-Матик + пробиотик на 7,1 %, по показателю средний вес получавшие корм Аква-Матик особи имели лучшие результаты по массе, чем Аква-Матик + пробиотик на 0,5 %. Вероятно, это связано с особенностями физиологии янтарной форели. Замечено, что особи, получавшие опытный корм, и особи *Oncorhynchus mykiss* имели лучшие показатели выживаемости, чем *Oncorhynchus mykiss Walbaum* и контрольных групп. Таким образом, результатами опыта доказана целесообразность кормления молоди радужной и янтарной форели (взамен импортных кормов) продукционным гранулированным комбикормом Аква-Матик (содержащим белковый концентрат) производства ООО НПО «АгроМатик» в норме 3,4 % от текущего веса рыбы.

Ключевые слова: продукционные лососевые комбикорма, «Аква-Матик», белковые кормовые концентраты, «Агро-Матик», радужная форель, янтарная форель, мясокостная мука, кормовые бобовые культуры.

Цитирование. Ранделин Д. А., Новокщенова А. И., Кравченко Ю. В., Воронцова Е. С., Кузнецова Т. В., Рамазан А. К. Влияния белкового концентрата «Агро-Матик» на продуктивные качества молоди радужной (*Oncorhynchus mykiss*) и янтарной (*Oncorhynchus mykiss walbaum*) форели. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 334-344. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-38.

Авторский вклад. Все авторы этой исследовательской работы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе этого исследования. Все авторы этой статьи прочитали и одобрили представленную окончательную версию.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Актуальность. В форелевом хозяйстве количество и пригодность используемого корма определяет рентабельность производства [2, 4, 7, 9]. Современные импортные гранулированные лососевые корма включают компоненты животного происхождения (в основном рыбную муку), высокобелковые компоненты растительного происхождения и продукты микробиологического производства [5, 10, 12]. В настоящее время в рамках программы импортозамещения ряд отечественных кормовых компаний ведёт работы по созданию собственных лососевых кормов, аналогичных или превосходящих по основным характеристикам импортные. Однако качество и стоимость рыбной муки, входящей в состав кормов, не всегда соответствует ожиданиям производителей, поэтому поиск недорогих доступных источников протеина, способных снизить потребление рыбной муки, является актуальной задачей для дальнейшего развития аквакультуры России [1, 3]. Микрофлора – важный компонент кишечной экосистемы рыбы, играющий большую роль в здоровье животного-хозяина, особенно в питании и устойчивости к болезням [1, 3, 8, 11]. Именно поэтому в рамках эксперимента попутно проводилось испытание

пробиотика. В совокупности этим и обоснованы работы по испытанию отечественных гранулированных продукционных кормов «Аква-Матик» в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Опытный лососевый корм Аква-Матик содержит белковый концентрат «Агро-Матик» (в составе мясокостная мука птицы и ценная кормовая бобовая культура люпин) и рыбий жир, количество протеина – 40 %.

Цель исследований – определить эффективность использования белкового концентрата «Агро-Матик» (а также возможность использования пробиотика в его составе) в кормлении молоди радужной (*Oncorhynchus mykiss*) и янтарной (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) форелей.

Задачи:

- 1) изучить продуктивные показатели молоди радужной и янтарной форелей при кормлении отечественным инновационным лососевым белковым кормом Аква-Матик;
- 2) изучить продуктивные показатели молоди радужной и янтарной форелей при использовании пробиотика в составе опытного лососевого корма.

Материалы и методы. Исследование проведено в период с 20.03.20-20.05.2020 в условиях УЗВ ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. По методу групп-аналогов были сформированы 5 групп по 25 особей молоди янтарной и радужной форели в каждой. Начальная масса рыбы – 170 г. Продолжительность опыта – 62 дня. Гидрохимические показатели воды на протяжении всего опыта соответствовали требованиям ПДК [6]. Контрольные взвешивания проводились еженедельно, на их основании оценивали рыбоводные показатели – абсолютный, относительный, среднесуточный и среднемесячный приросты, а также сохранность групп (по количеству павшей рыбы).

Большое значение в опыте придавалось нормированию кормления, для его расчета использовали модификации таблиц Дьюэла – суточная норма определялась в зависимости от размера форели до товарного веса [10] (таблица 1). Как видно из таблицы 1, нормы кормления опытных групп обоих видов изменялись со 170 г до 337 г и соответствовали 3,4 % от текущей массы рыбы.

Таблица 1 – Нормы кормления опытных групп по периодам исследования

Table 1 – Feeding norms of experimental groups by study periods

Наименование группы	Нормы кормления (г) в начале опыта	Нормы кормления (г) в конце опыта
1. Б7 Контрольная	224	337
2. Б5 Контрольная+пробиотик	221	335
3. Б6 Аква-Матик	220	261
4. Б8 Аква-Матик +пробиотик	180	270
5. Б4 Опытная, с содержанием мясокостной муки птицы	170	226

Из таблицы видно, что особи, получавшие контрольный форелевый корм компании БиоМар, потребляли большие нормы – до 335 и 337 г за сутки, в сравнении с остальными опытными, так как имели стабильно большие приросты массы.

Результаты и обсуждение. Группы эксперимента – контрольные: Б7 (бассейн 7) кормление стандартным импортным форелевым кормом, Б5 (бассейн 5) кормление стандартным импортным форелевым кормом с пробиотиком, и опытные Б6 (бассейн 6) кормление Аква-Матик, Б8 (бассейн 8) Аква-Матик с пробиотиком, Б4 (бассейн 4) – кормление отечественным форелевым кормом с содержанием мясокостной муки птицы.

Таблица 2 – Общая масса особей опытных групп радужной форели за период исследования, кг

Table 2 – Total mass of individuals of experimental groups of rainbow trout for the study period, kg

Период взвешивания	Контрольная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква-Матик+ пробиотик (Б8)	Опытная, с содержанием мясо-костной муки птицы (Б4)
20.03.	4,3	4,4	4,3	4,4	4,3
13.04.	9,6	9,9	8,5	8,5	7,5
20.04.	10,8	11,1	9,3	9,3	8,3
27.04.	12,7	12,6	10,2	10,5	9,1
10.05.	14,1	14,1	10,6	10,8	9,9
20.05.	7,1	7,2	5,7	5,9	5,1

По показателю «общая масса особей» радужной форели (таблица 2) выявлено: контрольная группа Б5 с пробиотиком в составе имела лучшие показатели по сравнению с контрольной группой Б7 на 1,4 %. Опытная группа Б8, получавшая Аква-Матик + пробиотик, имела результаты по массе, превосходящие опытную Б6 Аква-Матик на 3,4 %. Сравнение базовых кормов – Б6 Аква-Матик и Б7 контрольной группы выявило преимущество – 19,7 % в пользу импортного корма. Отличия результатов контрольного корма Б7 с кормом Б4 (содержащим мясо-костную муку птицы) были значительные и составили 28 % в пользу контроля.

Таблица 3 – Средний вес (г) особей радужной форели по этапам исследования

Table 3 – Average weight (g) of rainbow trout individuals by study stages

Период взвешивания	Контрольная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква-Матик+ пробиотик (Б8)	Опытная, с содержанием мясо-костной муки птицы (Б4)
20.03.	172	175	170	175	170
13.04.	390	380	340	340	300
20.04.	430	400	370	372	331
27.04.	508	505	400	420	360
10.05.	564	563	424	433	394
20.05.	588	603	436	451	425

По показателю средний вес особей радужной форели (таблица 3): Б5 (контрольная группа + пробиотик) имели лучшие результаты на 2,5 %, чем Б7 контрольная группа. Анализируя средний вес особей, получавших корм компании АгроМатик, лучшие результаты имела форель бассейна Б8 – группа Аква-Матик + пробиотик на 3,3 % больше, чем Б6 опытная Аква-Матик. Отличия по базовым продукционным кормам – Аква-Матик и контрольного Б7, составили 26 % в пользу последнего. При сравнении опытных групп, получавших контрольный корм, и Б4 (содержащий только мясо-костную муку птицы) на 27,7 % большую среднюю массу имели особи Б7.

Таблица 4 – Средний суточный и средний месячный приросты (г) особей радужной форели

Table 4 – Average daily and average monthly increments (g) of rainbow trout individuals

Показатели приростов	Контрольная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква-Матик+ пробиотик (Б8)	Опытная, с содержанием мясо-костной муки птицы (Б4)
Средний суточный	6,7	6,9	4,3	4,4	4,1
Средний месячный	208	214	133	138	128

Отличия между группами по показателю средний суточный прирост составили (таблица 4, рисунок 1): 1) между Б7 контрольная группа и Б5 контроль + пробиотик – 3 % в пользу состава с пробиотиком; 2) между Б6 опытная группа Аква-Матик и Б8 опытная группа Аква-Матик + пробиотик – 2,3 % в пользу последнего; 3) между опытными группами Б6 Аква-Матик и контрольной группой Б7 – 30 % в пользу контроля – импортного корма; контрольной группой Б7 и комбикорма с мясокостной мукой птицы – 39 % в пользу контроля. Соответственно, такие же результаты получены между опытными группами по показателю средний месячный прирост.

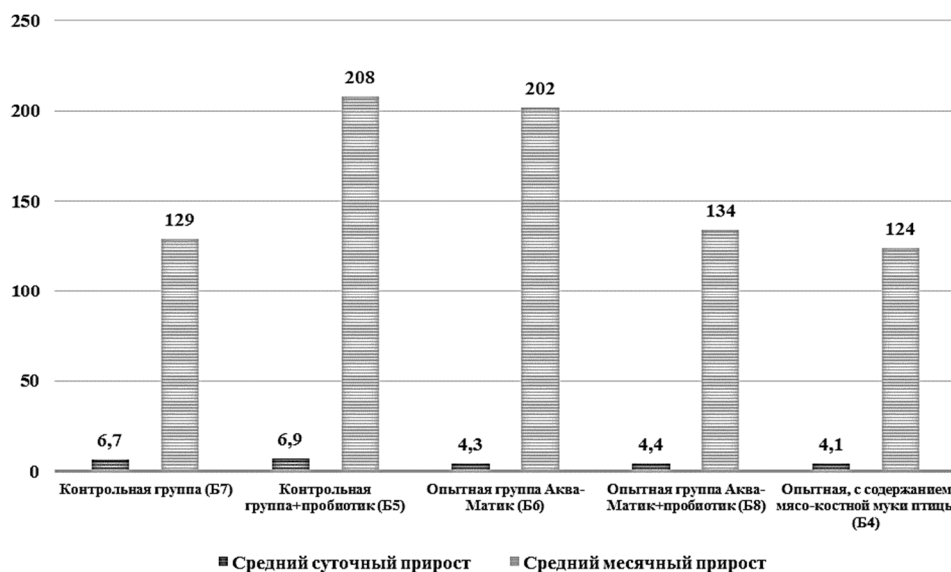


Рисунок 1 – Графическое отображение средних месячных и суточных приростов радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) контрольных и опытных групп

Figure 1 – Graphical representation of the average monthly and daily increments of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) of control and experimental groups

Таблица 5 – Общая масса особей опытных групп по янтарной форели за период исследования

Table 5 – Total mass of individuals of experimental groups for amber trout during the study period

Период взвешивания	Контрольная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква-Матик+ пробиотик (Б8)	Опытная, с содержанием мясо-костной муки птицы (Б4)
24.03	3,0	2,9	3,1	2,9	3,0
13.04.	6,9	8,3	8,0	6,9	5,9
20.04.	7,7	9,5	9,2	7,7	6,7
27.04.	8,6	11,0	11,1	8,9	7,5
10.05	9,0	12,5	12,5	9,2	8,3
20.05.	5,6	6,5	6,9	5,2	5,1

Результаты таблицы 5 показывают, что контрольная группа + пробиотик Б5 имела лучшие показатели по сравнению с контрольной Б7 на 6 % в сторону последней. Однако заметно, что у янтарной форели показатели особей, получавших корм Аква-Матик, имели лучшие результаты по массе, чем Аква-Матик + пробиотик на 7,1 %. Отличия по базовым продукционным кормам Аква-Матик и контролю составили 18,8 % в пользу контрольной. Сравнение стандартного продукционного комбикорма Б7 с кормом Б4 были значительные и составили 26 % в пользу контроля.

Таблица 6 – Средний вес особей (г) янтарной форели по этапам взвешивания

Table 6 – Average weight of individuals (g) of amber trout by weighing stages

Период- взвешивания	Контрольная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква- Матик+пробиотик (Б8)	Опытная, с содержа- нием мясокостной муки птицы (Б4)
24.03	120	116	123	118	116
13.04.	276	332	321	275	235
20.04.	306	378	366	308	267
27.04	344	441	444	356	300
10.05	360	499	500	368	330
20.05	371	539	528	373	341

По показателю средний вес янтарной форели между контрольной группой и контрольной + пробиотик разница 2 % в пользу состава с пробиотиком. Однако, как и по общей массе, у данной породы лучшие результаты между Б6 Аква-Матик и Б8 Аква-Матик + пробиотик – 0,5 % имеет Б6 – группа, получавшая корм с белковым концентратом и без биодобавки. При сравнении групп, получавших корм Аква-Матик, и контрольный – 30 % в пользу импортного. Разница значений среднего веса между контрольной группой Б7 и получавшей мясокостную муку птицы в составе Б4 – 35 % в пользу контроля.

Таблица 7 – Средний суточный и средний месячный приросты (г) особей янтарной форели (рисунок 2)

Table 7 – Average daily and average monthly increments (g) of amber trout individuals (figure 2)

Показатель прироста	Контроль- ная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква- Матик + про- биотик (Б8)	Опытная, с содержа- нием мясокостной муки птицы (Б4)
Средний су- точный	4,0	6,8	6,5	4,1	3,6
Средний ме- сячный	122	205	197	124	109

Из таблицы 7 и рисунка 2 – средний суточный прирост янтарной форели заметно, что значения контрольной группы Б7 и контрольной группы с пробиотиком в составе Б5 отличаются на 4 % в пользу последней. Отличия результатов групп Б6 Аква-Матик и Б8 Аква-Матик + пробиотик – 2,4 % в сторону Б8. Между группами Б6 Аква-Матик и контрольной показатели на 38,5 % выше у контрольной группы. Однако самые низкие средние суточные приросты имела группа Б4 – опытная, с содержанием мясокостной муки птицы, показатель ниже контрольной группы на 44 %.

Таблица 8 – Общая биомасса двух видов рыб в бассейнах 20.03.20-20.05.20

Table 8 – Total biomass of two fish species in pools 20.03.20-20.05.20

Период взвешивания	Контроль- ная (Б7)	Контрольная + пробиотик (Б5)	Опытная Аква-Матик (Б6)	Опытная Аква- Матик+пробиотик (Б8)	Опытная, с содержа- нием мясо-костной муки птицы (Б4)
24.03	7,2	7,3	7,3	7,4	7,2
13.04	15,4	15,4	18,2	17,7	13,3
20.04	16,9	17,0	20,5	19,9	14,9
27.04	18,8	14,9	23,7	23,8	16,6
10.05	19,6	20,0	26,6	26,6	18,1
20.05	11,3	11,1	13,7	14	10,2



Рисунок 2 – Графическое отображение средних месячных и суточных приростов янтарной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) контрольных и опытных групп

Figure 2 – Graphical representation of the average monthly and daily increments of amber trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) of control and experimental groups

Анализируя общую биомассу двух видов форелей, по итогам опыта выявили:

1. Группы, получавшие контрольный корм и контроль + пробиотик, по итогам опыта имели равные значения общей биомассы.
2. Группы, получавшие Аква-Матик и Аква-Матик + пробиотик, имели разницу 2 % в пользу состава с пробиотиком.
3. Группы, получавшие корма Аква-Матик, и контрольный – отличались по общей массе двух видов на 26,3 % в пользу контрольного.
4. Группа, получавшая контрольный импортный корм без пробиотика, показала на 32 % лучшие результаты, чем Б4 – опытная, с содержанием мясокостной муки птицы.

Замечено, что по показателям средний вес особей, средний суточный и месячный приросты и т. д. радужная форель значительно превосходит янтарную. Янтарная прирастает хуже, чем радужная, в среднем на 14 %.

Оценка сохранности особей в опыте с радужной форелью показала – 100 % выживаемость у опытной группы, получавшей корм Аква-Матик, 96 % у Аква-Матик + пробиотик и сохранность 92 % у контрольной группы.

В опыте с янтарной форелью – сохранность 92 % у групп Б8 Аква-Матик + пробиотик и Б6 Аква-Матик и выживаемость только 88 % у контрольных групп (рисунок 3).

В целом по результатам эксперимента замечено, что в первую неделю содержания молоди (в период адаптации особей к условиям УЗВ и начала кормления продукционными кормами) отмечается скачок процессов роста. Так, на примере радужной форели: у контрольной группы наблюдался прирост на 218 г, у особей контрольной группы + пробиотик – на 205 г, у опытной группы Аква-Матик – на 170 г, Аква-Матик + пробиотик – на 165 г, тогда как в последующую неделю приросты составили 40, 20, 30 и 32 г соответственно.

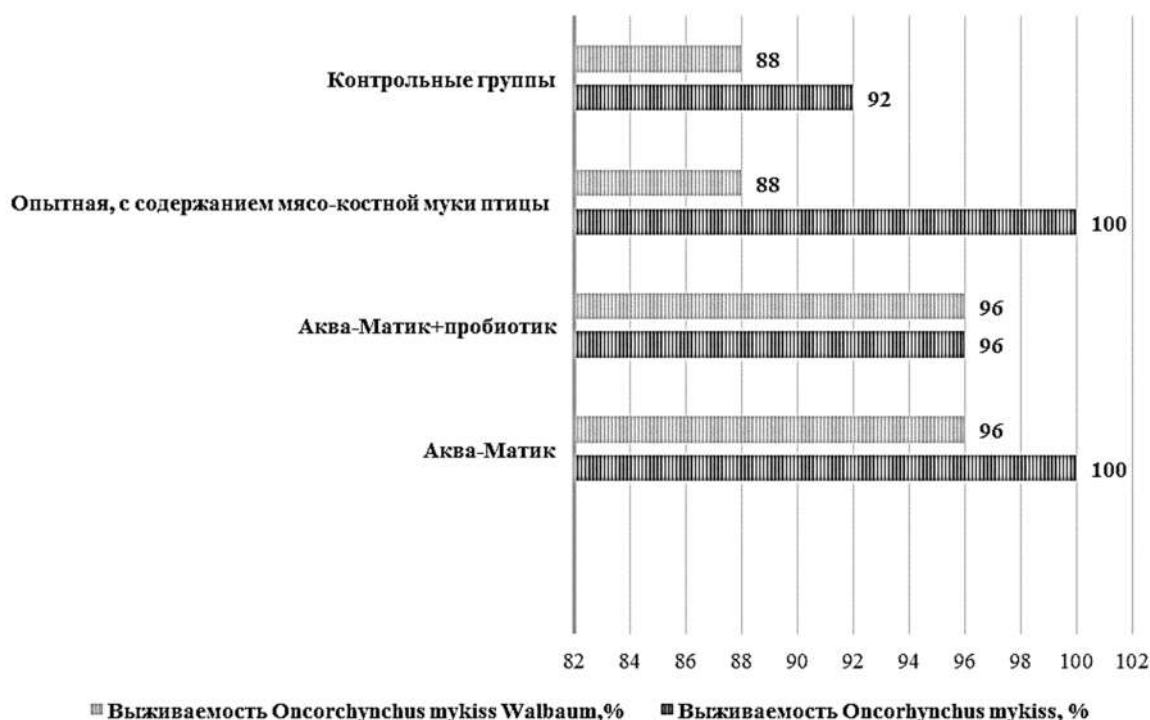


Рисунок 3 – Уровень выживаемости особей опытных и контрольных групп радужной (*Oncorhynchus mykiss*) и янтарной (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) форелей

Figure 3 – Survival rate of individuals of experimental and control groups of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) and amber (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) trout

Выводы. Изучение влияния биотехники содержания (плотностей посадок, гидрoхимических условий) и кормления (норм кормления, содержание пробиотика) на рост молоди радужной и янтарной форели показало, что выживаемость и скорость её роста находятся в пределах, характерных для молоди форели данного возраста и массы, и говорят о физиологической полноценности выращиваемых в данных условиях и с применением инновационных кормов компании АгроМатик видов.

Изучение продуктивных показателей обоих видов показало эффективность применения опытного лососевого продукционного гранулированного комбикорма Аква-Матик (получавшие состав, содержащий мясокостную муку птицы, кормовую бобовую культуру люпин и рыбий жир). По результатам особи имели отличия от контрольной группы в среднем всего на 24,4 %, тогда как особи опытной группы Б4 (получавшие состав, содержащий только мясокостную птичью муку) имели средние показатели массы за весь период опыта против контрольного комбикорма ниже на 31,1 %.

В целом замечено, что при одинаковых условиях выращивания по основным продуктивным показателям радужная форель значительно превосходит янтарную. Янтарная прирастает хуже, чем радужная в среднем на 14 %.

По результатам опыта продукционные корма для форели производства ООО НПО «Агро-Матик» имели кормовой коэффициент 0,9-1. Коэффициент упитанности до 1,3.

Содержание пробиотика в составе кормов показало хорошие результаты. При сравнении показателей роста радужной форели в 100% случаев лучшие результаты имели особи, получавшие корма с биодобавкой. У янтарной же форели по показателю общая масса, особи, получавшие корм Аква-Матик, имели лучшие результаты, чем Ак-

ва-Матик + пробиотик на 7,1 %, по показателю средний вес, получавшие корм Аква-Матик особи имели лучшие результаты по массе, чем Аква-Матик + пробиотик на 0,5 %. Вероятно, это связано с особенностями физиологии янтарной форели.

Замечено, что особи, получавшие опытный корм, и особи *Oncorhynchus mykiss* имели лучшие показатели выживаемости, чем *Oncorhynchus mykiss Walbaum* и контрольных групп.

Таким образом, результатами опыта показана эффективность кормления молоди радужной и янтарной форели (взамен импортных кормов) продукционным гранулированным комбикормом Аква-Матик (содержащим белковый концентрат) производства ООО НПО «АгроМатик» в норме 3,4 % от текущего веса рыбы. Испытуемый белковый концентрат предполагает снижение потребления рыбной муки в составе кормов без ухудшения качества и скорости роста рыбы, что является актуальной задачей для дальнейшего развития аквакультуры РФ.

Библиографический список

1. Анализ влияния белкового концентрата на микробиоту кишечника молоди ленского осетра в условиях УЗВ / Д. А. Ранделин, Е. А. Морозова, А. И. Новокщенова, А. М. Я. Мохсен Эльебери // Вестник Алтайского государственного университета. 2019. № 3 (173). С. 139-145.
2. Воробьев В. В. Современное состояние и перспективы развития морской аквакультуры в Российской Федерации // Аграрная Россия. 2015. № 7. С. 41-45.
3. Изучение влияния белкового концентрата на продуктивные качества молоди ленского осетра / А. Э. Ставцев, Ю. В. Сошкин, С. И. Николаев, Д. А. Ранделин, Ю. В. Кравченко, А. И. Новокщенова // Научное обеспечение инновационного развития животноводства: Международная научно-практическая конференция. 2019.
4. Корм для форели: главные особенности и этапы кормления. <https://mirzam.ru/domashnij-biznes/korm-dlya-foreli.html>.
5. Перспективы развития индустриального форелеводства. <https://helpiks.org/4-11341.html>
6. Пономарев С. В. Лососеводство. М.: Лань, 2020. 372 с.
7. Шумак В. В. Программа расчета структуры малокомпонентных кормов для аквакультуры и животноводства // Аграрная Россия. 2016. № 8. С. 13-15.
8. Юрина Н. А., Максим Е. А., Мачнева Н. Л. Оптимизация кормовых рационов молоди осетра при использовании спороносодержащих пробиотиков // Аграрная Россия. 2017. № 3. С. 30-33.
9. Carrera-Quintana S. C., Gentile P., Girón-Hernández J. An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges // Aquaculture. 2022. I. 561.
10. Effects of probiotics on growth, the toll-like receptor mediated immune response and susceptibility to aeromonas salmonicida infection in rainbow trout oncorhynchus mykiss / Y. Dang, Y. Sun, Y. Zhou, X. Men, B. Wang, B. Li, Y. Ren // Aquaculture. 2022. I. 561.
11. Effects of dietary chrysophyte (poterioochromonas malhamensis) rich in beta-glucan on the growth performance, intestinal health, lipid metabolism, immune gene expression, and disease resistance against aeromonas salmonicida in juvenile rainbow trout (oncorhynchus mykiss) / Y. Liu, H. Chang, D. Han, S. Lu, W. Lv, K. Guo, H. Liu // Aquaculture. 2022. I. 561.
12. Vitamin nutrition in salmonid aquaculture: From avoiding deficiencies to enhancing functionalities / A. Liu, V. P. T. H. To, E. Santigosa, A. Dumas, J. M. Hernandez // Aquaculture. 2022. I. 561.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: randelin_dm@mail.ru

Новокщёнова Анна Ивановна, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: an-na.gustowa2012@yandex.ru

Кравченко Юрий Владимирович, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник Центра безопасности и эффективности кормов и добавок ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, e-mail: esvoronts@mail.ru.

Кузнецова Татьяна Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Педагогика и МПО» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8(8442) 41-10-57, e-mail: tv_volgau@mail.ru

Рамазан Аниса Касимовна, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8(8442) 41-16-04, e-mail: anya_0777@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-39

THE USE OF NUTRIENTS IN THE DIETS OF YOUNG CATTLE

O. Y. Bryukhno, S. I. Nikolaev, S. Yu. Agapov,
E. A. Lipova, M. A. Ryabova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 22.04.2022

Submitted 01.09.2022

Abstract

Introduction. Increasing the efficiency of livestock production depends on the quality of feed and the provision of animals with all necessary nutrients and biologically active substances in optimal ratios for the body. Currently, Russian scientists have developed scientifically-based feeding standards for cattle, taking into account up to 30 normalized indicators, including metabolic energy, basic nutrients, raw and digestible protein, fat, a number of vitamins, as well as macro- and microelements. **Object.** The object of the study is to study the effect of granular mineral complexes in the feeding of young cattle on their productivity. **Materials and methods.** The research is based on carrying out scientific and economic experience on young cattle of *Ayrshire breed* at the conditions of Joint Stock Company «Agro-firma «Vostok» of the Nikolaevsky district of the Volgograd region. The scientific and economic experiment was carried out for 125 days. At six months, 5 experimental groups of experimental animals were formed (one control and four experimental) with 12 heads in each group. **Results and conclusions.** During the experiment period, the average daily increase in live weight of young animals in the control group was 976.8 g. The studied indicator in the 1st experimental group was 1148.8 g, in the 2nd experimental group - 1105.6 g, in the 3rd experimental - 1120.8 g and in the 4th experimental - 1170.4 g, which is higher than in the control, respectively, by 17.61%, 13.19%, 14.74% and 19.82%. The obtained results of the experience allow us to develop feed production at a new technological level based on the specific conditions of Russian agriculture and solve the most important problems of agricultural enterprises: firstly, to provide farms with high-quality feed; secondly, to contribute to the solution of the environmental issue.

Keywords: *young cattle, live weight, productivity, dynamics, granular mineral complex, feeding, daily diet.*

Citation. Bryukhno O.Y., Nikolaev S.I., Agapov S.Yu., Lipova E.A., Ryabova M.A. The use of nutrients in the diets of young cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 344-352 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-39.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.22.28.087

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЦИОНАХ
МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА****О. Ю. Брюхно**, кандидат сельскохозяйственных наук**С. И. Николаев**, доктор сельскохозяйственных наук**С. Ю. Агапов**, кандидат сельскохозяйственных наук**Е. А. Липова**, кандидат сельскохозяйственных наук**М. А. Рябова**, кандидат сельскохозяйственных наук*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 22.04.2022

Дата принятия к печати 01.09.2022

Актуальность. Повышение эффективности производства животноводческой продукции зависит от качества кормов и обеспеченности животных всеми необходимыми питательными и биологически активными веществами в оптимальных для организма соотношениях. В настоящее время российскими учеными разработаны научно обоснованные нормы кормления крупного рогатого скота, учитывающие до 30 нормируемых показателей, включающих обменную энергию, основные питательные вещества, сырой и переваримый протеин, жир, ряд витаминов, а также макро- и микроэлементов. **Объект.** Объектом исследования является изучение влияния гранулированных минеральных комплексов в кормлении молодняка крупного рогатого скота на их продуктивность. **Материалы и методы.** Исследование основано на проведении научно-хозяйственного опыта на молодняке крупного рогатого скота айрширской породы в условиях АО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области. Научно-хозяйственный опыт проводили в течение 125 суток. В шесть месяцев были сформированы 5 подопытных групп (одна базовая и четыре экспериментальные) по 12 голов в каждой группе. **Результаты и выводы.** За период опыта средний суточный прирост живой массы молодняка в контрольной группе составил 976,8 г. Изучаемый показатель в 1 экспериментальной группе составил 1148,8 г, во 2 экспериментальной – 1105,6 г, в 3 экспериментальной – 1120,8 г и в 4 экспериментальной – 1170,4 г, что выше, чем в базовой соответственно на 17,61 %, 13,19 %, 14,74 % и 19,82 %. Полученные результаты опыта позволяют развивать кормопроизводство на новом технологическом уровне исходя из конкретных условий российского сельского хозяйства и решать важнейшие проблемы сельскохозяйственных предприятий: во-первых, обеспечивать хозяйства высококачественными кормами; во-вторых, способствовать решению экологического вопроса.

Ключевые слова: *молодняк крупного рогатого скота, живая масса молодняка КРС, продуктивность молодняка КРС, гранулированный минеральный комплекс, кормление КРС, суточный рацион КРС.*

Цитирование. Брюхно О. Ю., Николаев С. И., Агапов С. Ю., Липова Е. А., Рябова М. А. Использование биогенных веществ в рационах молодняка крупного рогатого скота. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 344-352. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-39.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день важнейшей задачей скотоводства страны является получение быстрорастущих животных с хорошо развитой конституцией, устойчивых к заболеваниям и [5, 7]. Высокопродуктивную взрослую особь возможно только получить, если с самого рождения четко контролировать качество кормовой базы и сам процесс полноценного кормления молодняка. Для улучшения организации производственных процессов выращивания животных необходимо сочетать биологические особенности индивидуального развития животных с современными технологическими системами [11].

Включение в суточный рацион животных различных кормовых добавок и минеральных комплексов позволяет обеспечить животных всех видов полноценным кормлением, которое в настоящее время значительно отстает от потребностей животноводства [1, 11].

Одним из путей повышения продуктивности и резистентности животных является применение минеральных веществ, являющихся катализаторами метаболизма.

Многими учеными было доказано, что минеральные вещества в организме животного играют важную роль [10]. Неоднократно была установлена их значительная роль в процессах кроветворения, размножения, тканевого дыхания, функций нервной и эндокринной систем, а следовательно, в процессах укрепления естественных защитных сил организма животных [2, 3]. Они входят в состав тканей тела и сложных органических соединений, участвуют в обмене веществ. В теле животного присутствует большое количество минеральных элементов, не синтезирующихся в тканях, поэтому их пополнение происходит с кормами и водой.

Минерально-витаминные комплексы для сельскохозяйственных животных решают и предотвращают проблемы с минеральными и витаминными обменами, что является неотъемлемой частью работы в современных условиях [4, 8]. Важной особенностью данных комплексов является возможность использования сепаратного подхода в кормлении, что является до сих пор нестандартным в России [6, 9]. Также гранулированная форма позволяет осуществлять любые виды ввода в рационы кормления: от индивидуального, свободного вплоть до прямого в миксеры, с гарантией гомогенного распределения и доступности всем животным в группах; специальная формула гарантирует сохранность в течение всего срока годности гранулированного комплекса. Поэтому изучение влияния использования гранулированных минеральных комплексов на основе минерального сырья в рационах крупного рогатого скота является актуальным.

Цель исследования – изучить эффективность скармливания гранулированных минеральных комплексов на основе минерального сырья молодняку крупного рогатого скота.

Объект исследования. Для изучения эффективности использования гранулированных минеральных комплексов на основе минерального сырья в кормлении молодняка крупного рогатого скота был проведен научно-хозяйственный опыт на молодняке крупного рогатого скота айрширской породы в условиях АО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области. Научно-хозяйственный опыт проводили в течение 125 суток. В шесть месяцев были сформированы 5 подопытных групп (одна базовая и четыре экспериментальные) по 12 голов в каждой группе.

Материалы и методы. В группы животные были подобраны по методу пар-аналогов, где учитывались их возраст, живая масса, состояние здоровья, развитие. Содержание животных в период опыта было беспривязным в групповых станках с трехкратным кормлением и поением из автопоилок.

Для опыта, продолжавшегося с декабря 2018 г. по апрель 2019 г., все животные исследуемых групп получали хозяйственный рацион, используемый на предприятии. Суточный рацион был следующим: сено люцерновое – 1,3-1,5 кг, сенаж злаково-бобовый – 2,5-5,0 кг, силос – 5-9 кг, пшеница – 1,5-2,5 кг, комбикорм – 1,5-2,5 кг.

Содержание питательных и минеральных веществ в рационе отвечало нормам кормления молодняка крупного рогатого скота в возрасте от 6 до 9 месяцев.

В рационы животных экспериментальных групп дополнительно вводили минеральные комплексы согласно схеме опыта. Схема опыта представлена в таблице 1.

В рецептуру комплекса на основе минерального сырья входили мочевины, моноаммонийфосфат, мел химический, брусит, натрий хлористый (таблица 2).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Scheme of experience

Группа	Количество голов	Условия кормления	Дозировка минеральной добавки, г/гол
Базовая	12	Хозяйственный рацион (ХР)	-
1 экспериментальная	12	ХР + минеральный комплекс (вариант 1 рецепт 1)	50
2 экспериментальная	12	ХР + минеральный комплекс (вариант 1 рецепт 3)	75
3 экспериментальная	12	ХР + минеральный комплекс (вариант 2 рецепт 2)	62,5
4 экспериментальная	12	ХР + минеральный комплекс (вариант 2 рецепт 3)	75

Таблица 2 – Рецепт гранулированных минеральных комплексов основе минерального сырья

Table 2 – Recipe for granular mineral complexes based on mineral raw materials

Состав	Рецепт			
	1.1	1.3	2.2	2.3
Мочевина	23,30	20,30	27,80	29,40
Моноаммонийфосфат	37,20	34,80	27,80	29,40
Мел	18,60	23,20	33,30	29,40
Брусит	7,00	7,20	11,10	11,80
Натрий хлористый	14,00	14,50	0	0
Показатели качества в 1 кг				
Азот, г	152,29	135,55	161,80	171,11
Кальций, г	54,20	56,52	128,71	114,04
Фосфор, г	99,47	93,06	74,34	78,62
Магний, г	32,67	33,59	51,76	54,97
Калий, г	1,66	1,94	0,34	0,36
Натрий, г	71,53	89,22	0	0
Железо, мг	143,93	136,65	134,66	135,43
Медь, мг	0,41	0,41	0,52	0,51
Цинк, мг	4,09	4,21	5,86	5,81
Марганец, мг	13,88	13,43	15,61	15,80
Свинец, мг	0,24	0,25	0,38	0,40
Хром, мг	0,13	0,13	0,17	0,17
Никель, мг	0,94	0,96	1,88	1,69

Так, животным 1 экспериментальной группы скармливали минеральный комплекс в количестве 50 г на голову в сутки по рецептуре 1 вариант 1, молодняку 2 экспериментальной группы мы добавляли минеральный комплекс в количестве 75 г на голову в сутки по рецептуре 3 вариант 1. Молодняк 3 экспериментальной группы получал минеральный комплекс в количестве 62,5 г на голову вариант 2 рецепт 2, их аналоги из 4 экспериментальной группы в сутки получали в рацион 75 г минерального комплекса из варианта 2 рецепт 3 на голову.

Результаты и обсуждение. Живая масса является важным показателем роста и развития животных и одним из основных показателей их продуктивности. Изменение живой массы оценивали путем индивидуального взвешивания каждого животного. Вместе с этим рассчитывали общий и среднесуточный приросты.

Динамика живой массы молодняка айширской породы на фоне применения минеральных комплексов свидетельствует о ростостимулирующем эффекте испытуемых добавок. Результаты взвешиваний молодняка крупного рогатого скота представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Живая масса, абсолютный и среднесуточный приросты
подопытных животных

Table 3 – Live weight, absolute and average daily increments of experimental animals

Группа	Живая масса, кг		Прирост	
	в начале опыта	в конце опыта	Общий, кг	Среднесуточный, г
Базовая	179,2±2,1	301,3±3,1	122,1±2,3	976,8±32,9
1 экспериментальная	179,9±1,9	323,5±2,4***	143,6±1,8***	1148,8±35,1**
2 экспериментальная	179,5±1,4	317,7±2,8**	138,2±2,6***	1105,6±38,3*
3 экспериментальная	179,3±1,7	319,4±3,0***	140,1±2,0***	1120,8±31,7**
4 экспериментальная	180,8±1,5	327,1±2,1***	146,3±1,6***	1170,4±30,4***

В начале опыта живая масса подопытного молодняка была практически одинаковой и находилась в пределах от 179,2 кг до 180,8 кг.

Следует отметить, что при дополнительном введении в хозяйственный рацион минерального комплекса на основе минерального сырья было отмечено повышение живой массы молодняка крупного рогатого скота по сравнению со сверстниками из базовой группы.

Так, живая масса у животных базовой группы в конце опыта составила 301,3 кг, а у молодняка крупного рогатого скота 1 экспериментальной группы – на 22,2 кг больше. Животные во 2 экспериментальной группе весили 317,7 кг, что больше, чем в базовой, на 16,4 кг. Молодняк 3 экспериментальной группы в конце опытного периода имел живую массу выше, чем в базовой, на 18,1 кг. В 4 экспериментальной группе подопытные животные имели живую массу на уровне 327,1 кг, что выше, чем в базовой на 25,8 кг.

Одними из важных зоотехнических показателей, характеризующих темпы роста молодняка, являются среднесуточный и абсолютный приросты живой массы. Расчет данных показателей необходим для контроля за развитием молодняка. Общий прирост живой массы животных в 1 экспериментальной группе был выше, чем в базовой, на 21,5 кг, во 2 экспериментальной – на 16,1 кг, 3 экспериментальной – на 18,0 кг и 4 экспериментальной – на 24,8 кг. В базовой группе молодняка крупного рогатого скота данный показатель составил 122,1 кг.



Рисунок 1 – Среднесуточный прирост живой массы подопытных животных, г

Figure 1 – Average daily increase in live weight of experimental animals, g

Среднесуточный прирост живой массы молодняка в конце опыта в базовой группе составил 976,8 г, что ниже, чем у животных экспериментальных групп, на 17,61 %, 13,19 %, 14,74 % и 19,82 % соответственно (рисунок 1).

Таким образом, дополнительное введение комплексов на основе минерального сырья в состав рациона для молодняка крупного рогатого скота способствовало увеличению живой массы, что подтверждено показателями общего и среднесуточного приростов. Следует отметить, что наибольшая напряженность роста была отмечена у животных 4 экспериментальной группы, где дополнительно вводили минеральный комплекс (вариант 2 рецепт 3) и 2 экспериментальной группы, которые получали дополнительно к основному рациону гранулированный минеральный комплекс (вариант 1 рецепт 3).

Результаты гематологических исследований свидетельствуют о том, что величина морфологических показателей крови у исследуемых животных находилась в пределах средних значений физиологической нормы, что свидетельствует о нормально протекающих обменных процессах в организме исследуемых животных. Данные исследований крови подопытных животных по морфологическим и биохимическим показателям представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Морфологические показатели крови молодняка крупного рогатого скота ($M \pm m$)

Table 4 – Morphological blood parameters of young cattle ($M \pm m$)

Группа	Показатель		
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Гемоглобин, г/л
Базовая	7,48±1,22	6,69±1,20	99,8 ±3,90
1 экспериментальная	7,80±0,98	6,45±1,22	102,6 ±2,85
2 экспериментальная	7,52±1,64	6,58±1,50	100,2 ±3,76
3 экспериментальная	7,68±1,52	6,52±1,36	101,4 ±3,12
4 экспериментальная	7,91±1,36	6,42±1,61	103,1 ±2,61

В результате исследования морфологического состава крови молодняка крупного рогатого скота нами было отмечено положительное влияние включения в состав рациона комплексов на основе минерального сырья.

В сыворотке крови молодняка экспериментальных групп эритроцитов было больше на 0,53-5,74 % по сравнению с кровью аналогов базовой группы. В крови животных экспериментальных групп отмечалось небольшое снижение лейкоцитов на 2,14-3,68 %, по сравнению с животными базовой группой. Предположительно пониженное содержание лейкоцитов в крови молодняка экспериментальных групп являлось следствием влияния скармливания комплексов на основе минерального сырья.

Содержание гемоглобина в крови молодняка 1, 2, 3 и 4 экспериментальных групп было выше, чем в базовой, соответственно, на 2,8 г/л, 0,4 г/л, 1,6 г/л, 3,3 г/л. В базовой группе животных данный показатель составил 99,8 г/л.

Далее нами проводились исследования по биохимическим показателям крови молодняка.

Таблица 5 – Гематологические показатели крови молодняка крупного рогатого скота ($M \pm m$)

Table 5 – Hematological blood parameters of young cattle ($M \pm m$)

Показатель	Группа				
	базовая	1 экспери- ментальная	2 экспери- ментальная	3 экспери- ментальная	4 экспери- ментальная
Общий белок, г/л	72,01±1,64	75,46±1,48	73,21±1,83	73,79±1,42	78,47±1,36
Альбумины, г/л	32,91±1,72	36,25±1,27	34,97±2,32	34,17±1,31	38,51±1,83
Глобулины, г/л	39,1± 2,15	39,21± 2,64	38,24± 2,41	39,62± 2,28	39,96± 2,32
Глюкоза, ммоль/л	2,75±0, 16	2,82±0,14	2,76±0,14	2,80±0,16	2,94±0,18
Мочевина, ммоль/л	5,1±0, 16	5,2±0, 18	5,1±0, 14	5,1±0, 18	5,2±0, 16
Кальций, ммоль/л	3,21± 0,15	3,39± 0,14	3,25± 0,11	3,36± 0,13	3,41± 0,12
Фосфор, ммоль/л	1,71± 0,06	1,81± 0,06	1,72± 0,06	1,78± 0,06	1,86± 0,06

В крови животных базовой группы содержание общего белка составило 72,01 г/л. У аналогов экспериментальных групп этот показатель выше, чем у животных базовой группы, на 4,79 %, 1,67 %, 2,47 % и 8,97 % соответственно. Данные по общему белку представлены на рисунке 2.

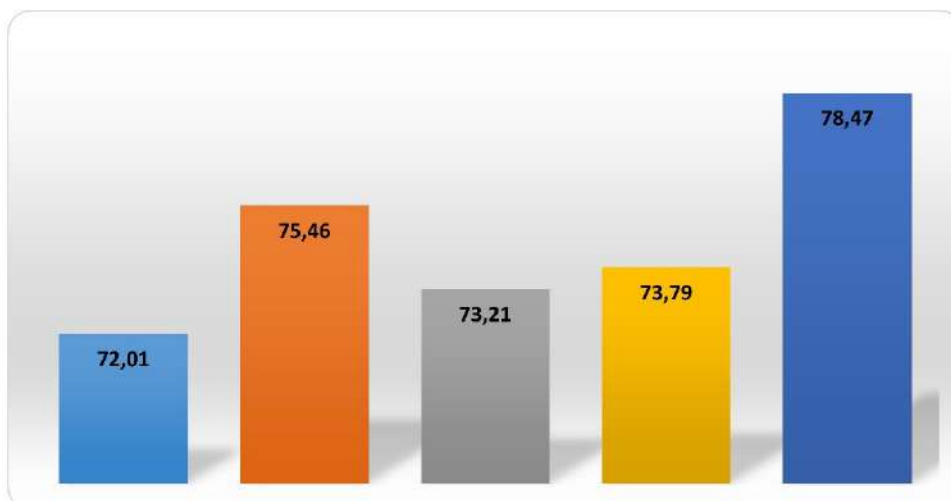


Рисунок 2 – Содержание общего белка в крови исследуемых животных, г/л

Figure 2 – Total protein content in the blood of the studied animals, g/l

Содержание альбумина в крови животных базовой группы составило 32,91 г/л, 1 экспериментальной – 36,25 г/л, 2 экспериментальной 34,97 г/л, 3 экспериментальной – 34,17 г/л и 4 экспериментальной – 38,51 г/л, что было выше, чем в базовой, на 3,34 г/л, 2,06 г/л, 1,26 г/л, 5,6 г/л. По содержанию глобулина в крови подопытных животных наблюдалась аналогичная закономерность.

Данные, полученные в ходе исследований, свидетельствуют о том, что включение биогенных веществ в состав рациона животных экспериментальных групп способствовало повышению содержания общего белка и его фракций в крови, что подтверждается повышением показателей среднесуточных приростов живой массы.

В крови подопытных животных мочевины находится в пределах 5,1-5,2 ммоль/л, что указывает на стабильность баланса белка в обменных процессах подопытных животных. Концентрация глюкозы в крови подопытных животных соответствует уровню физиологической нормы для молодняка этого возраста и варьирует в следующих пределах: в базовой группе содержится 2,75 ммоль/л; в 1 экспериментальной группе – 2,82 ммоль/л; во 2 экспериментальной группе – 2,76 ммоль/л; в 3 экспериментальной группе – 2,80 ммоль/л и в 4 экспериментальной группе – 2,94 ммоль/л, соответственно.

Известно, что кальций в организме животных участвует во многих биохимических процессах, поэтому так важно знать его содержание в крови. Содержание кальция в крови животных базовой группы составило 3,21 ммоль/л. Данный показатель у животных всех исследуемых групп был в пределах от 3,25 ммоль/л до 3,41 ммоль/л. В экспериментальных группах животных кальция в крови было выше, чем у животных базовой группы, на 1,2-6,2 %.

Концентрация фосфора в крови у молодняка базовой группы находилась на уровне 1,71 ммоль/л, а у их аналогов экспериментальных групп в пределах от 1,72 до 1,86 ммоль/л. В относительном выражении разница между животными базовой группы и 4 экспериментальной группой составила 8,7 %. По фосфору превышение над базовой группой в 1 экспериментальной группе достигло 5,8 %, а в 3- экспериментальной группе – 4,0 %.

Динамика клинических показателей объективно характеризует физиологические процессы, протекающие в организме, что позволяет оценить возникновение патологий. Данные показатели молодняка крупного рогатого скота представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Клинико-физиологические показатели молодняка крупного рогатого скота

Table 5 – Clinical and physiological indicators of young cattle

Показатель	Группа				
	базовая	1- экспери- ментальная	2- экспери- ментальная	3- экспери- ментальная	4- экспери- ментальная
Температура тела, °С	38,4±0,9	38,6±0,85	38,3±1,1	38,6±0,79	38,5±0,95
Частота пульса в минуту	55,5±0,82	54,3±1,12	55,8±0,85	54,9±0,96	56,1±0,8
Частота дыхания в минуту	22,5±0,88	22,0±0,73	23,0±0,92	22,0±0,86	23,5±0,78
Руминация в 2 минуты	2,8±0,38	2,5±0,42	2,9±0,35	2,8±0,31	3,0±0,51

Данные исследований свидетельствуют, что клинико-физиологические показатели у животных исследуемых групп были в пределах нормы, соответствующей состоянию здорового животного.

Температура тела у животных базовой и экспериментальных групп была в среднем 38,5 °С, частота пульса животных в пределах 54,3-56,1 ударов в минуту. Число дыхательных движений у подопытных животных не превышало 24 в минуту. Сокращение рубца у животных базовой и 2 экспериментальной групп было 2,8 движения в две минуты, у животных 1 экспериментальной группы на 0,3 движения меньше. У животных 4 экспериментальной группы было 3,0 движения, что выше, чем в остальных группах.

Выводы. В ходе исследований было определено, что среднесуточный прирост живой массы молодняка айрширской породы в базовой группе составил 976,8 г. Изучаемый показатель в 1 экспериментальной группе составил 1148,8 г, во 2 экспериментальной – 1105,6 г, в 3 экспериментальной – 1120,8 г и в 4-экспериментальной – 1170,4 г, что выше, чем у животных базовой группы, в 1 экспериментальной группе на 17,61 %, во 2 экспериментальной группе на 13,19 %, в 3 экспериментальной группе на 14,74 %, и в 4 экспериментальной группе на 19,82 %.

По итогам проведенного исследования нами было выявлено, что скармливание животным биогенных веществ в рационах оказывает положительное влияние как на состав крови и физиологическое состояние, так и на повышение интенсивности их роста.

Библиографический список

1. Адаптивные технологии кормления лактирующих коров / Е. А. Липова, С. В. Чехранова, С. Ю. Агапов, П. А. Шевченко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета 2019. № 1. С. 112-114.
2. Казанцева Л. В. Эффективность использования минеральных добавок в кормлении лактирующих коров на Южном Урале // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2017. № 9. С. 71-77.
3. Макаева А. М., Сизова Е. А., Атландерова К. Н. Переваримость кормов и обмен веществ молодняка крупного рогатого скота при введении в рацион минеральных комплексов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 174-185.
4. Мусаев Ф. А., Торжков Н. И., Майорова Ж. С. Кормовые добавки с биологически активными свойствами в кормлении скота // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (23). С. 33-38.
5. Николаенко Е. И., Лукина Д. В., Глебова И. В. Особенности кормления телят в молозивный период // Наука и общество в условиях глобализации. 2019. № 1 (6). С. 30-33.
6. Стенькин Н. И. Мясная продуктивность бычков при разных источниках компенсации дефицита протеина в рационах // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2016. № 13 (1). С. 176-182.

7. Формирование качественных показателей говядины при использовании в рационах молодняка новых кормовых добавок в органической форме / И. Ф. Горлов, А. В. Ранделин, М. И. Сложенкина, С. Н. Шлыков, А. В. Яковенко, О. А. Суторма // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 70-72.

8. Эффективность использования разных технологий содержания при выращивании бычков на мясо / А. В. Ранделин, А. А. Кайдулина, В. В. Ранделина, О. А. Княжеченко, Д. А. Ранделин, Т. Н. Бармина // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 4 (4). С. 32-36.

9. Effects of supplementation of active dried yeast and malate during sub-acute ruminal acidosis on rumen fermentation, microbial population, selected blood metabolites, and milk production in dairy cows / M. Malekshahia, A. M. Tahmasbia, A. A. Naseriana, M. Danesh-Mesgaran, J. L. Kleen, O. A. Zahal, M. H. Ghaffari // Animal Feed Science and Technology. 2016. № 213. P. 29-43.

10. Golubenko T., Razanova O. Optimizing the use of protein in the young cattle body // Stinta Agricola. 2022. S. 1. № 1. P. 143-152.

11. Kuzmina I. Yu., Ignatovich L. S. Enriching the diets of young cattle with a natural biologically active feed additive // Agricultural science Euro-North-East. 2021. № 22 (1). P. 94-103.

Информация об авторах

Брюхно Ольга Юрьевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9072-1359, e-mail: o.bruhno@yandex.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-4076-1694, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Агапов Сергей Юрьевич, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0896-4336, e-mail: agarov_s_y@mail.ru

Липова Елена Андреевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-6625-8675, e-mail: Lipova.elenka@mail.ru

Рябова Мария Алексеевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9072-1359, e-mail: prosto-marija88@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-40

DYNAMICS OF THE PRODUCTIVITY QUALITY OF THREE-YEAR-OLD CARP BREED AT THE STATE UNITARY ENTERPRISE OF THE UDMURT REPUBLIC-FISH FARM «PIKHTOVKA» BY THE SEASONS OF THE YEAR

M.I. Vasilieva, T.G. Krylova, A.A. Kukovinets

Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk

Received 06.04.2022

Submitted 30.08.2022

Abstract

Introduction. Determination of the quantitative and qualitative composition of pond fish - carp grown at Fisheries «Pikhtovka» in different seasons of the year will reveal a high yield of edible parts, the level of functional and technological properties of meat proteins - the determining factors when choosing its direction for the production of fish products. **Object.** The object of the study is three-year-old carp grown in the ponds of the State Unitary Enterprise of the Udmurt Republic - Fisheries «Pikhtovka». **Materials and methods.** The purpose of the study is to conduct a comparative assessment of the

fish productivity of three-year-old carp by the seasons of the year. Research and production experience was carried out on the basis of the State Unitary Enterprise of the Udmurt Republic - Fisheries «Pikhtovka» in the period 2018-2020. Studies on a comprehensive assessment of the quality of marketable fish in different seasons of the year were carried out on the basis of generally accepted zootechnical methods. **Results and conclusions.** The maximum accumulation of the edible part is observed in the body of autumn marketable fish, the yield of muscle tissue was 48.3%. In terms of functional and technological properties, the fish of the autumn catch is inferior to the fish of the winter catch in terms of water-holding capacity - by 3.9 %, in terms of moisture-binding - by 30.2 - 22.8 %.

Key words: *carp, marketable fish, resource-saving technology, season of the year, active acidity, mass composition, water-holding capacity, water-binding capacity.*

Citation. Vasilieva M.I., Krylova T.G., Kukovinets A.A. Dynamics of the productivity quality of three-year-old carp bred at the State Unitary Enterprise of the Udmurt Republic-Fisheries «Pikhtovka» by the seasons of the year. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 352-361 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-40.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation and analysis of the results. All authors of the article approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 637.56.05

ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ПРОДУКТИВНОСТИ ТРЕХЛЕТКОВ КАРПА, РАЗВОДИМЫХ В ГУП УР «РЫБХОЗ «ПИХТОВКА»», ПО СЕЗОНАМ ГОДА

М. И. Васильева, кандидат сельскохозяйственных наук

Т. Г. Крылова, кандидат биологических наук, доцент

А. А. Куковинец, магистр

ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

Дата поступления в редакцию 06.04.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Актуальность. Определение количественного и качественного состава прудовой рыбы – карпа, выращиваемого в «Рыбхозе «Пихтовка», в разные сезоны года позволит выявить высокий выход съедобных частей, уровень функционально-технологических свойств белков мяса – определяющих факторов при выборе ее направления на производство рыбных продуктов. **Объект.** Объект исследования – трехлетки карпа, выращиваемые в прудах ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка». **Материалы и методы.** Цель исследования – провести сравнительную оценку рыбной продуктивности трехлеток карпа по сезонам года. Научно-производственный опыт проводился на базе ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка» в период 2018-2020 гг. Исследования по комплексной оценке качества товарной рыбы в разные сезоны года проводились на основании общепринятых зоотехнических методов. **Результаты и выводы.** Максимальное накопление съедобной части наблюдается в теле осенней товарной рыбы, выход мышечной ткани составил 48,3 %. По функционально-технологическим свойствам рыба осеннего вылова уступает рыбе зимнего вылова по влагоудерживающей способности – на 3,9 %, по влагосвязывающей – на 30,2-22,8 %.

Ключевые слова: *карп, товарная рыба, технологии рыбоводства, продуктивность карпа, сезонная продуктивность рыбы.*

Цитирование. Васильева М. И., Крылова Т. Г., Куковинец А. А. Динамика качества продуктивности трехлетков карпа, разводимых в ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка»», по сезонам года. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 352-361. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных результатов. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный ее вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Получение качественной, экологически безопасной рыбной продукции – основополагающая сторона эффективного функционирования и развития рыбного предприятия в условиях современности. Степень влияния экологических факторов на деятельность рыбохозяйств рассмотрена многими авторами: Крыловой Т. Г., Наумовой А. М., Наумовой А. Ю., Логиновым Л. С., Насибуллиной Г. И., Хабировым А. Ф., Смирновой И. Р., Зотовым В. В., Друкоским С. Г., Медниковым А. В., Merrifield Da., Einar R [4, 6, 8, 9, 12-14].

В нашей стране основным объектом разведения является карп, около 65 % всей выращиваемой в России рыбной продукции приходится на его долю. Популярность выращивания карпа связана с такими его качествами, как неприхотливость к условиям среды обитания, всеядность, ранние сроки полового созревания, простота технологий разведения, хорошие вкусовые качества, доступность рыбопосадочного материала.

Будущее аквакультуры – в новых форматах производства, использовании инноваций, ресурсосберегающих технологий, нормативно-правовой и финансовой поддержке со стороны государства [1, 6, 7].

Удмуртская Республика также вносит существенный вклад в развитие аквакультуры. Основная доля производства рыбы – прудового карпа, в республике приходится на ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка»». Хозяйство в 2018 г. вышло на весьма хорошие показатели по стране, было произведено свыше 1,3 тыс. тонн товарной рыбы. Предприятием используется уникальная собственная ресурсосберегающая технология выращивания карпа.

В хозяйстве продолжают работать над улучшением методов и технологий по выращиванию рыбы. Так, одним из изменений, предложенных П.В. Докучаевым, стало усовершенствование выращивания рыбопосадочного материала карпа, которое было достигнуто подращиванием личинок в начале мая в системе, управляемой искусственно. Это нововведение позволило получить сеголетков массой 100,0 и 250,0 г, способных легче переносить зимовку. Благодаря этому новшеству, увеличилось производство товарной рыбы, дополнительно выращено 400 тонн [5].

Рынок Удмуртской Республики в силу географических особенностей не в состоянии удовлетворить пожелания потребителей в охлажденной морской рыбе, но региональные хозяйства по разведению карпа способны обеспечить население свежее выловленным белковым сырьем.

Для перерабатывающей промышленности важно владеть информацией о массовом составе, о функционально-технологических характеристиках карпа. «Технологичность» мышечной ткани является определяющим фактором при выборе ее направления на производство рыбных изделий. Знание данных показателей позволяет целесообразно использовать рыбное сырье, предсказывать и адресно вносить изменения в качественные характеристики вырабатываемых продуктов [3].

Понимание качества исходного сырья в зависимости от сезонов позволяет предопределить высокий выход и желаемые параметры готовой продукции в течение года.

Материалы и методы. Исследования были проведены в условиях ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка»» Воткинского района Удмуртской Республики в 2018-2020 гг. Объектом исследования служили трехлетки карпа.

В хозяйстве применяется трехлетний оборот с переходом на двухлетний, что обеспечивает получение товарной рыбы массой от 1,5 кг.

Трехлеток выращивают в нагульных прудах до конца вегетационного периода, на зиму их пересаживают в подготовленные зимовальные пруды плотностью посадки до 100 тыс. шт./га. Выпуск двухгодовиков на нагул проводят весной в нагульные пруды (плотность посадки – 1000-1200 шт./га) как можно раньше, чтобы обеспечить получение товарной рыбы требуемой массы.

В «Рыбхозе «Пихтовка» в кормлении двух- и трехлеток используют собственные корма, которые состоят на 80-85 % из цельных зерен пшеницы, ячменя, достигших молочно-восковой спелости, 15-20 % составляют естественные корма с середины вегетационного периода.

Показатели рыбной продуктивности анализировали на основании первичных документов зоотехнического учета, актов облова прудов, журнала кормления рыб, актов зарыбления прудов и контрольных обловов рыб.

Гидрохимический режим воды в нагульных прудах контролировали по содержанию растворенного кислорода и активной кислотности. Содержание кислорода определяли с помощью оксиметра, уровень водородного показателя (рН) – с помощью потенциометра – рН-410.

Качественные составляющие трехлеток карпа оценивали в условиях лаборатории кафедры «Технология переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА:

- массовый выход рыбы определяли в соответствии с ГОСТ 1368-2003;
- органолептические показатели живой рыбы оценивали согласно ГОСТ 24896-13: внешний вид, цвет жабр, состояние рыбы определили внешним осмотром на поверхности и в поперечном разрезе рыбы; консистенцию – надавливанием на мышечную ткань поперечного разреза, сделанного в наиболее мясистой части, одновременно осматривали на поверхности разреза структуру мышечной ткани; запах живой рыбы – на поверхности кожи и в жабрах;
- технологические свойства рыбного сырья: содержание влаги – с помощью аппарата АПС-2; водородное значение (рН) – с помощью потенциометра рН-410; влагоудерживающую способность (ВУС) – в соответствии с ГОСТ 7836-85 и влагосвязывающую способность (ВСС) – по методике Грау-Хамму.

Результаты и обсуждение. От качества воды зависит жизнедеятельность рыбы и проявление продуктивного потенциала прудов [2, 10]. Ресурсосберегающая технология, принятая в «Рыбхозе «Пихтовка», реализуется следующими приемами: высокая плотность посадки рыб, интенсивное кормление искусственными кормами, рыбоводно-мелиоративные мероприятия, весеннее известкование прудов, которые оказывают определенную нагрузку на гидрохимические показатели воды. Исследования газового состава воды по содержанию в воде кислорода и активной реакции среды нагульных прудов проводили в весенне-летне-осенний период и зимовальных – в зимний период (рисунки 1, 2).

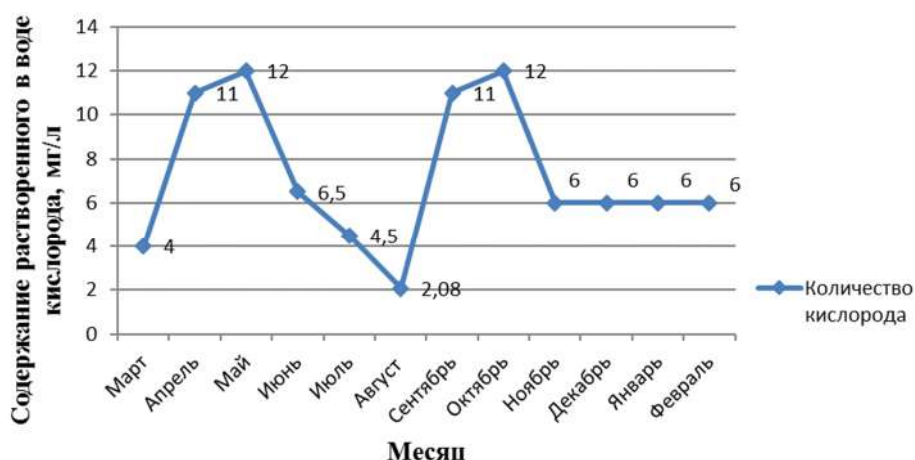


Рисунок 1 – Динамика кислородного режима в прудах

Figure 1 – Dynamics of oxygen regime in ponds

В течение всего вегетационного периода содержание растворенного в воде кислорода находилось в пределах нормы – 6-8 мг/л, что обеспечило создание благоприятных условий для сохранения темпа роста трехлеток карпа.

Весной, с конца марта, увеличивается количество положительных температур, начинается активное таяние льда и снега, происходит активное развитие фитопланктона, в связи с этим усиливаются фотосинтетические процессы с выделением кислорода и к маю концентрация кислорода с 4 мг/л доходит до высшей точки – 11-12 мг/л.

В летний период с повышением температуры воды концентрация кислорода, необходимого для дыхания рыб, в нагульных прудах понижается. Рыбы начинают больше потреблять кислород, метаболические процессы рыб при этом усиливаются, но до определенного температурного порога – при температуре воды свыше 26-28 °С потребление кислорода падает. В июне количество кислорода в прудах составляет 6,5 мг/л; к августу показатель снижается до минимального значения – 2,08 мг/л, что объяснимо увеличением содержания углекислоты вследствие резкого скачка биохимических процессов, протекающих в водоеме. На предприятии оптимизацию кислородного режима в воде проводят за счет средств механической аэрации.

С сентября выпадает большое количество осадков, которые насыщают воду кислородом, к тому же с понижением температуры воды повышается растворимость кислорода. Осенью содержание кислорода в воде держится на уровне 11-12 мг/л до выпадения снега.

Зимой, когда фотосинтез прекращается, а проникновению кислорода из атмосферы в воду препятствует лед, во избежание неблагоприятного кислородного режима в центре и по периметру зимовального пруда делают 3-5 контрольных прорубей. Содержание кислорода в воде в зимний период поддерживают на уровне 5-6 мг/л.

На эффективность кормления оказывает влияние и рН среды – активная реакция.

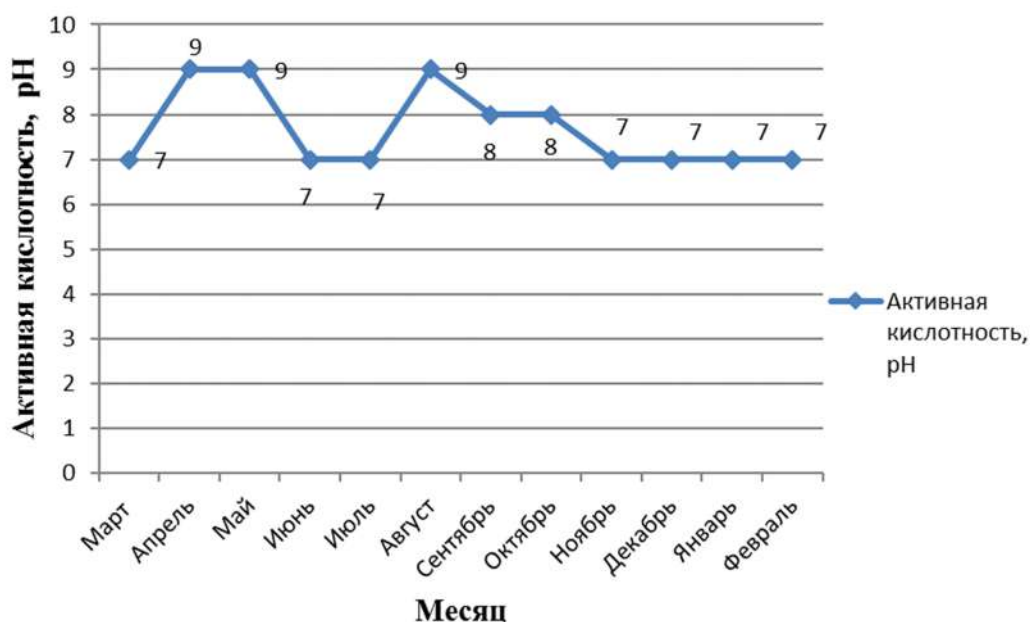


Рисунок 2 – Динамика активной реакции среды

Figure 2 – Dynamics of the active reaction of the medium

Активная реакция, или водородный показатель воды зависит от соотношения свободного диоксида углерода и бикарбонатов. Колебания активной реакции среды (рН) в прудах зафиксированы суточные, сезонные и годовые. Для выращивания прудовой рыбы

предпочтительнее нейтральная или слабощелочная реакция – 7,0-8,5 ед. В щелочной среде (рН=9,5) нарушается работа жаберного аппарата, в кислой среде (рН<6,5) замедляются жизненные процессы рыб, что приводит к замедлению их темпа роста.

Значение рН за вегетационный период было достаточно стабильным и находилось на уровне 7,0-8,0 ед.

В марте для предотвращения окисления прудов органическими веществами в течение всего вегетационного периода и создания благоприятных условий для рыбы проводят известкование. В апреле – мае и в августе при массовом развитии в водоеме растительных организмов днем рН смещается в щелочную сторону и составляет 9,0 ед., в ночное время растительность прудов, поглощая кислород, вызывает понижение рН до оптимальных значений – 7,5-8,0 ед., не вызывая омертвления жаберных лепестков.

В прудовом рыбоводстве высокую ценность имеют крупные особи карпа, так как с увеличением массы повышаются выход съедобных частей, пищевая и биологическая ценность.

Для характеристики рыбы как источника ценного белкового сырья, богатого полиненасыщенными жирными кислотами, жизненно важными микроэлементами необходимо знание массового состава рыбы, а именно содержание в теле съедобных, усваиваемых организмом частей, и несъедобных составляющих рыбы, представляющих витаминно-минеральное и клейдающее сырье в производстве кормовых и технических продуктов.

Высокий выход съедобной части – мышечной ткани – обуславливает привлекательность этой рыбы для перерабатывающей промышленности.

Большое значение для перерабатывающей промышленности, следовательно, и для выработанных изделий, имеет количество «технологичного» мяса, которое формируется под влиянием многих факторов, к числу которых относится и сезон года.

В ходе нашего исследования были выявлены сезонные изменения массового состава товарного карпа, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Массовый состав трехлетков карпа в зависимости от сезона года

Table 1 – Mass composition of three-year-old carp depending on the season of the year

Показатель	Весна	Лето	Осень	Зима
Мышечная ткань, г	454,7±5,93	666,3±4,95	575,7±4,69	376±4,45
Выход, %	41	47,3	48,3	42
Костная ткань, г	178,0±3,00	175,0±3,18	125,3±2,28	136,0±4,25
Выход, %	16,0	12,4	10,5	15,2
Голова, г	223,0±3,14	242,5±4,93	234,5±3,65	170,7±3,17
Выход, %	20,1	17,2	19,7	19,1
Внутренности, г	132,7±5,10	194,0±5,09	163,8±3,31	112,0±4,61
Выход, %	12	13,8	13,8	12,6
Чешуя, плавники, г	121,0±4,82	132,2±4,39	92,0±3,14	100,0±3,02
Выход, %	10,9	9,4	7,7	11,2
Всего масса, г	1109,3±2,03	1410,0±1,60	1191,3±1,46	894,7±0,65
Отношение съедобных частей к несъедобным	0,7	0,9	0,94	0,7

Результаты исследования рыбы-сырца по массовому составу показали: с началом рыбоводного сезона масса товарной рыбы постепенно увеличивается, достигая пика в летний период, с наступлением осени масса рыбы постепенно уменьшается, в зимний период отмечаются минимальные величины.

На нагул исхудавших двухгодовиков карпа выпускают в конце апреля, при температуре воды 10-11 °С рыба начинает потреблять естественные корма водоема – планктонные организмы (фитопланктон, зоопланктон), зообентос, которые физиологически полноценны и обеспечивают рыбу элементами, необходимыми для ее роста и

развития. При температуре воды 16⁰С и выше карп начинает активно питаться, поэтому в условиях интенсивной технологии выращивания рыбы приступают к кормлению карпа искусственными кормами в конце весеннего периода. Весной средняя масса рыбобосадочного материала составляет 1109,3 г.

Основной прирост живой массы трехлеток (65-90 %) приходится на июль – август. В июне запасы естественной пищи достигают максимальной биомассы, с повышением температуры воды рыбы ее выедают и норму искусственных кормов увеличивают до 30,4 %, в этот момент карп начинает активно потреблять зерно. Основным зерновым кормом является пшеница, переваримость ее белка карпом достигает до 86 %: расщепляясь в кишечнике под действием пищеварительных ферментов белки пшеницы поставляют до 91 % заменимых и незаменимых аминокислот, необходимых для построения мышечной ткани рыбы. Жиры в основном представлены ненасыщенными жирными кислотами, углеводов – крахмалом. У рыб, в сравнении с теплокровными животными, энергия не расходуется на поддержание температуры тела, вследствие этого большое количество потребленной углеводистой энергии депонируется в жир, который и служит резервом в зимний период. Накопление массы тела трехлетков карпа к концу летнего периода составляет 1410 г, что выше весенних значений на 27,1 %.

В августе запасы естественной кормовой базы сводятся к минимуму, основным кормом карпа являются зерновые – пшеница и ячмень, норму которых увеличивают до 31,1 %, что обеспечивает повышение в теле количества жира, в последующем и надлежащую зимостойкость рыб. В сентябре при похолодании пищеварительные ферменты малоактивны, углеводистые корма в кишечнике рыб распадаются медленно соответственно их усвояемость достигает минимального уровня. В связи с этим, естественные кормовые ресурсы начинают возобновляться и положительное их влияние на питание рыб снова возрастает. Средняя масса трехлеток карпа осенью составляет 1191,3 г, что на 7,3 % выше идентичных весенних показателей и на 15,5 % ниже летних величин.

Трехлеток карпа на зимний период пересаживают в зимовальные пруды, приспособленные для сохранения их живыми с октября по апрель. В течение зимы теплолюбивые рыбы, в первую очередь, расходуют накопленные запасы жира и от его содержания в теле рыбы зависит уровень зимостойкости. В зимний период средняя масса товарного карпа составляет 894,7 г, что ниже значений весеннего, летнего и осеннего сезонов на 19,3 %, 36,5 % и 24,9 %, соответственно.

Максимальное накопление съедобной части наблюдается в теле осенней товарной рыбы, выход мышечной ткани составил 48,3 %, меньше на 1,0 % мякоти содержится в теле летнего карпа; по выходу мышечной ткани рыба зимнего и весеннего сезонов уступила, соответственно, на 6,2 и 7,3 %.

Выход костей был на минимально низком уровне в осенне-летний период (10,5 – 12,4 %), к зиме и весне показатель увеличивается до 15,2-16,0 %. В построении скелета рыб, развитии тканей принимают участие соли кальция, которые проникают в тело карпа через жабры и кожу. Кальциевые удобрения (известь) вносят в пруды весной.

Противоположная тенденция наблюдается по содержанию внутренних органов: в пик интенсивного питания карпа выход внутренних органов максимальный и составляет 13,8 %, в зимне-весенний период жизнедеятельность рыб поддерживается за счет «ожирков» и показатель снижается до 12,6-12,0 %.

Рыба по величине «отношение съедобных частей к несъедобным» наибольших значений достигает осенью и составляет 0,94, ее значение в зимне-весенний период снижается на 25,5 %.

Прудовая рыба представляет собой источник легкоусвояемых белков в отсутствии грубой соединительной ткани, физиологически необходимых витаминов и минералов, а также уникального состава ненасыщенных жирных кислот – омега-3.

В связи с этим была проведена оценка качества карпа-сырья по органолептическим и технологическим свойствам.

Органолептические исследования сырца свидетельствуют о том, что рыба вне зависимости от периода вылова отвечает предъявляемым требованиям нормативно-технической документации – категории «свежая» по чистоте слизи на поверхности рыбы, наличию и степени прилегающей чешуи к коже, состоянию и выпуклости глаз, цвету жабр и запаху.

Многоэлементная мякоть рыбного сырья по составу и технологическим свойствам не постоянна, она подвергается существенным изменениям в зависимости от степени активности рыбы. Зная степень влияния биохимических превращений на формирование технологических свойств мяса в течение года, можно определить, в какой период выработанный рыбный продукт будет наиболее полно соответствовать требуемым потребительским качествам. В связи с этим особую ценность представляет информация о функционально-технологических свойствах сырья и его компонентов (таблица 2).

Вода в мышечной ткани прудового карпа находится в двух состояниях: свободной и связанной. Свободная вода, являясь растворителем органических веществ и минералов, заполняет межклеточное пространство в структуре мяса и механически удерживается в макро- и микрокапиллярах за счет сил поверхностного натяжения.

Таблица 2 – Функционально-технологические характеристики мышечной ткани карпа в разные сезоны года

Table 2 – Functional and technological characteristics of carp muscle tissue in different seasons of the year

Сезон года	Показатель				
	Массовая доля влаги, %	ВУС, %	ВСС		pH ₁
			% к массе мяса	% к массе общей влаги	
Весна	62,67±1,2	62,6±0,76	28,1±1,2	32,4±0,83	6,70±0,02
Лето	47,30±1,2	47,3±0,76	20,9±1,2	43,5±0,83	6,65±0,02
Осень	49,33±0,9	70,7±0,74	39,0±0,9	69,9±1,10	7,40±0,01
Зима	74,70±2,3	74,6±0,83	69,2±1,1	92,7±0,92	7,13±0,02

На долю свободной влаги в тканях рыбы приходится от 52 до 75,5 %. В. И. Федорченко, Н. П. Новоженкин, В. Ф. Зайцев констатируют, что «более точно подготовленность рыб к зимовке характеризуют количественные показатели содержания в теле рыб воды, сухого вещества, белка и жира. Зимостойкий карп независимо от зоны рыбоводства должен иметь осенью 72-76 % воды (но не более 78 %), 28-24 % – сухого вещества» [11].

Высокое значение массовой доли влаги в мясе товарного карпа отмечается в зимний период и составляет 74,7 %, сухое вещество занимает 25,3 %. Достижение такого соотношения веществ в мясе рыбы обеспечивает сохранность товарного карпа в период зимовки на уровне 88,30 %. Весной содержание свободной влаги снижается на 12,03 %; в летне-осенний период – на 27,4-25,37 % и составляет в среднем 47,30-49,33 %.

Активная кислотность в перерабатывающей промышленности является одним из показательных величин, от точки расположения которой зависит способность мяса удерживать собственную влагу и в целом стойкость сырья к действию патогенных микроорганизмов. Величина водородного показателя в исследуемых пробах рыбы в весенне-летний период находится в интервале 6,65-6,70 ед. и соответствует значениям свежей рыбы. В зимний и весенний периоды pH мышечной ткани повышается и составляет 7,13 и 7,40 ед., высокие показатели активной кислотности обусловлены расходом запаса гликогена в зимние месяцы, отвечающего за консервацию мышечной ткани молочной кислотой.

Высоким уровнем влагосвязывающей способности отличается товарная рыба зимнего вылова: способность фарша удерживать влагу составила 69,2 % к массе мяса и 92,7 % к массе общей влаги. По технологическим свойствам несколько уступает мышечная ткань рыбы осеннего сезона – на 33,2 и 22,8 %, соответственно. Минимальными функционально-технологическими свойствами белка обладает рыба летнего сезона: ВСС к массе мяса – 20,9 %, ВСС к массе общей влаги – 43,5 %, что ниже исследуемых показателей рыбы зимнего сезона на 48,3 % и 49,2 %, соответственно.

Аналогичная тенденция прослеживается и по показателю «влагоудерживающая способность»: наиболее технологичное мясо зимнего сезона – 74,6 %, худшие показатели принадлежат рыбе летнего вылова – 47,3 % при рекомендуемых значениях – не менее 50 %.

Выводы. Комплексный анализ качества прудового карпа позволил выявить, что рыба в разные сезоны вылова по органолептическим показателям соответствует требованиям ГОСТ 24896-13. При этом рыба зимнего вылова с наименьшим выходом съедобных частей характеризуется наилучшими технологическими характеристиками мякоти; минимальными влагоудерживающими и влагосвязывающими способностями мяса характеризуется рыба летнего вылова, она уступает «зимней» рыбе по аналогичным показателям на 27,3 % и 48,3-49,2 %, соответственно.

Библиографический список

1. Буяров В. С., Юшкова Ю. А., Буяров А. В. Пути повышения эффективности товарного рыбоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 161-168.
2. Васильев А. А., Поддубная И. В., Гуркина О. А. Воздействие интенсивного прудового рыбоводства на качество воды в прудах // Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 74-80.
3. Васильева М. И., Крылова Т. Г. Ресурсосберегающие технологии в производстве и переработке прудового карпа // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. Т. 232. № 4. С. 21-25.
4. Ветеринарно-санитарные и экологические мероприятия, обеспечивающие безопасность выращиваемой рыбы на водоемах комплексного назначения / Г. Е. Серветник, И. Р. Смирнова, С. Г. Друковский [и др.] // Российский журнал. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2017. № 2 (22). С. 88-92.
5. Докучаев П. В., Крылова Т. Г., Крылов Г. С. Оптимизация процесса подращивания личинок карпа в первой зоне прудового рыбоводства // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 12 (100). С. 1942-1947.
6. Крылова Т. Г., Зямбахтин А. А., Крылов Г. С. Эффективность проведения рыбоводно-мелиоративных мероприятий в условиях высокопродуктивного карповодства Удмуртской Республики // Международный вестник ветеринарии. 2019. С. 100-106.
7. Моховиков О. В., Грунина А. А. Перспективы российской аквакультуры // Дельта науки. 2019. № 1. С. 10-12.
8. Насибуллина Г. И., Хабиров А. Ф. Влияние гидрохимических показателей на рост карпа // Российский электронный журнал. 2015. № 4. С. 7-19.
9. Наумова А. М., Наумова А. Ю., Логинов Л. С. Эпизоотологический мониторинг рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоемов России // Среда обитания водных биологических ресурсов. 2016. Т. 162. С. 97-103.
10. Тетдоев В. В., Плиева Т. Х., Лаврентьева Н. М. Использование водоемов с неблагоприятным гидрохимическим режимом для выращивания рыб // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2019. № 13 (18). С. 94-97.
11. Удинцев С. Н., Жиликова Т. П. Применение препаратов чеснока в аквакультуре в качестве фитобиотиков // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 5 (172). С. 70-79.

12. Arous J. B., Dupuis L. Vaccine oil adjuvants for the development of aquaculture // Veterinary science today. 2016. № 4 (19). P. 62-65.

13. Merrifield Da., Einar R. Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics. 2014. P. 360–418.

14. Assessment of vermicompost as direct application manure in fish farming ponds / D. Chakrabarty, M. K. Das, S. K. Das, M. P. Bag // Turkish journal of fisheries and aquatic sciences. 2010. V. 1. P. 47-52.

Информация об авторах:

Васильева Марина Ивановна, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (РФ, 420000, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 89508234491, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1778-9808>, e-mail: marinaroshya@gmail.com.

Крылова Татьяна Георгиевна, доцент кафедры анатомии и физиологии ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (РФ, 420000, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11), кандидат биологических наук, тел. 89043142416, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6239-0612>, e-mail: T.G.Krylova@yandex.ru.

Куковинец Анна Алексеевна¹, магистр ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (РФ, 420000, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11), тел. 89635445173, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9337-5415>, e-mail: kukovinets.a@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-41

PHENOTYPICAL VARIABILITY AND REPEATABILITY OF THE FERTILIZING ABILITY OF THE SPERM OF BULLS-PRODUCERS OF HOLSTEIN BREED

E.N. Naryshkina

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center – All-Russian Institute of Animal Husbandry named after L.K. Ernst», Moscow region, Podolsk

Received 05.05.2022

Submitted 23.08.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia No. 0445-2021-0016.

Summary

Due to the widespread use of artificial insemination, great attention should be paid to the organization of herd reproduction on the farm, including the profession and qualification of artificial insemination technicians, since timely fruitful insemination of cows is one of the important biotechnological factors influencing the assessment of the fertilizing ability of bull sperm.

Abstract

Introduction. Effective reproduction is an important link affecting the productivity and profitability of dairy farming in general. The purpose of using high-quality sperm of bulls with high fertility in both breeding and non-breeding farms is effective breeding and breeding work and obtaining a sufficient number of progenys from excellent bulls-producers. Positive results (fruitful insemination) depend on many factors, such as the physiological state of the body and the exact determination of the time of ovulation of cows, the level of productivity, environmental parameters, manipulation of sperm during defrosting directly before insemination and an equally important factor - the quality of sperm, in particular, its fertilizing ability. During the research, it was found that the sperm of the same bulls when used in breeding and non-breeding farms have different values of fertilizing ability. Paratypical factors have a great influence on the fertility of the sperm of bulls. **Object.** We analyzed data on the fertilizing ability of the semen of 21 bulls-producers of Holstein breed in breeding and non-breeding farms of the Moscow region for the period of time 2008-2018 on heifers of the same age and cows of different age groups. **Materials and methods.** A statistical analysis of the fertility of the sperm of 21 bulls-producers of Holstein breed was carried out, which inseminated cows of different ages in breeding and non-breeding farms of the Moscow region. The dynamics of changes in indicators of reproductive function of cows of different ages were studied: the indifference period, the service period, the inter-

body period, the insemination index. Variance, statistical, and graphical analysis was performed using R Studio. The calculation of the strength of the influence of paratypical and genetic factors on the fertilizing ability of the sperm of bulls-producers was calculated using multivariate analysis of variance. The coefficient of repeatability of the fertilizing ability of the sperm of bulls-producers in breeding and non-breeding farms was calculated as the coefficient of intra-class correlation (r_w). **Results and conclusions.** According to the state of reproduction in the studied farms of the Moscow region for the period 2008-2008, regardless of the type of farm, the duration of the indifference period was quite high in cows of all age groups and averaged 87.4... 91.2 days in breeding farms, 97.3 days in non-breeding farms. The duration of the service period in non-breeding farms was significantly higher ($P \leq 0.05$) in relation to breeding farms. The lowest values of the interbody period were in the plemreproducer farms and amounted to $404.1 \pm 1.79...443.0 \pm 9.03$ days in cows of different ages. The insemination index increased with the age of cows. If during insemination of heifers of the same age, this indicator was 1.4...1.5, then in cows of the 1-st calving 2.4...2.9, 4-5 calving and older than 2.9...3.4. In non-breeding farms, this index was high in all full-age groups of cows in relation to other types of farms by an average of 0.2...0.6 times. In general, non-breeding farms had lower values of indicators of the reproductive function of cows. High fertility rates of the sperm of bulls-producers were obtained when using it on heifers of the same age for all types of farms – 67.8 (non-breeding farms)...73.5% (plemreproducer farms) ...69.2% (breeding farms) with a relatively low coefficient of variability - 12.2...14.2%. Further, there is a decrease in this indicator by 25-30% or more. The values of the fertility index of sperm of bulls when used in plemreproducer farms on cows of different ages showed higher results in relation to non-breeding farms and breeding farms and were not lower than 40% on cows of the 1st...5th and older calves ($Cv-21.3...39.4\%$). The factor of «artificial insemination technician» - 27.1% and «sire» - 24.5% had the most significant impact. A significantly positive value of the repeatability index of the fertilizing ability of the sperm of bulls-producers when used on cows of different age groups was obtained in plemreproducer farms, $r_w=0.13$ ($P \leq 0.05$).

Key words: phenotypic variability, repeatability, fertility, bulls-producers.

Citation. Naryshkina E.N. Phenotypical variability and repeatability of the fertilizing ability of the sperm of bulls-producers of Holstein breed. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 361-370 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-41.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, implementation or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.22/28.082.12:575.21

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ ОПЛОДОТВОРЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕМЕНИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

Е. Н. Нарышкина, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»,
Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы

Дата поступления в редакцию 05.05.2022

Дата принятия к печати 23.08.2022

Исследования выполнены в рамках государственного задания
Минобрнауки России № 0445-2021-0016.

Аннотация. В связи с широким применением искусственного осеменения следует уделять большое внимание организации воспроизводства стада в хозяйстве, включая профессионализм и квалификацию техников по искусственному осеменению, так как своевременное плодотворное осеменение коров является одним из важных биотехнологических факторов, влияющих на оценку оплодотворяющей способности семени быков-производителей.

Актуальность. Эффективное воспроизводство является важным звеном, влияющим на продуктивность и рентабельность молочного животноводства в целом. Целью использования высококачественного семени быков-производителей с высокой фертильностью как в племенных, так и в товарных хозяйствах является эффективная селекционно-племенная работа и получение достаточного количества потомков от выдающихся племенных производителей. Положительные результаты (плодотворное осеменение) зависят от многих факторов, таких как физиологическое состояние организма и точное определение времени овуляции у коров, уровень продуктивности, параметры окружающей среды, манипуляции со спермой во время размораживания непосредственно перед осеменением и не менее важный фактор – качество спермы, в частности ее оплодотворяющая способность. При проведении исследований установлено, что семя одних и тех же быков при использовании их в племенных и товарных хозяйствах имеют разные значения оплодотворяющей способности. На фертильность семени быков-производителей большое влияние оказывают паратипические факторы. **Цель.** Изучить влияние статуса хозяйства (товарное или племенное) на фенотипическую изменчивость и повторяемость показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы при использовании их на коровах разных возрастных групп для дальнейшей оценки быка-производителя по оплодотворяющей способности. **Объект исследования.** Проанализировали данные по оплодотворяющей способности семени 21 быка-производителя голштинской породы в племенных и товарных хозяйствах Московской области за период времени 2008-2018 гг. на телках случного возраста и коровах разных возрастных групп. **Материалы и методы.** Провели статистический анализ фертильности семени 21 быка-производителя голштинской породы, которым осеменяли телок случного возраста и коров 1-го...2...3...4...5 и более отелов в племенных и товарных хозяйствах Московской области. Изучили динамику изменения показателей воспроизводительной функции коров разного возраста: индифференс-период, сервис-период, межотельный период, индекс осеменения. Дисперсионный, статистический, графический анализ проводили с использованием языка R в среде RStudio. Расчет силы влияния основных паратипических и генетических факторов на оплодотворяющую способность семени быков-производителей рассчитывали с помощью многофакторного дисперсионного анализа. Коэффициент повторяемости оплодотворяющей способности семени быков-производителей в племенных и товарных хозяйствах рассчитывали, как коэффициент внутриклассовой корреляции (r_w). **Результаты и выводы.** По состоянию воспроизводства в исследуемых хозяйствах Московской области за период времени 2008-2018 гг. независимо от типа хозяйства продолжительность индифференс-периода была достаточно высокой у коров всех возрастных групп и в среднем составила в племязаводах – 87,4 дней, в племрепродукторах – 91,2, в товарных – 97,3 дня. Длительность сервис-периода в товарных хозяйствах была достоверно выше ($P \leq 0,05$) по отношению к племрепродукторам и племязаводам. Самые низкие значения межотельного периода были в племрепродукторах и составили $404,1 \pm 1,79 \dots 443,0 \pm 9,03$ дней у коров разных возрастов. Индекс осеменения с возрастом коров увеличивался. Если при осеменении телок случного возраста данный показатель составлял 1,4...1,5, то у коров 1-го отела 2,4...2,9, 4-5-го отела и старше 2,9...3,4. В товарных хозяйствах данный индекс был высоким во всех полновозрастных группах коров по отношению к другим типам хозяйств в среднем на 0,2...0,6 раза. В целом товарные хозяйства имели более низкие значения показателей воспроизводительной функции коров. Высокие показатели фертильности семени быков-производителей были получены при использовании его на телках случного возраста для всех типов хозяйств – 67,8 (товарные)...73,5 % (племрепродукторы)...69,2 % (племязаводы) с относительно низким коэффициентом вариативности – 12,2...14,2 %. Далее отмечается снижение данного показателя на 25-30 % и более. Значения показателя фертильности семени быков при использовании их в племрепродукторах на разновозрастных коровах показали более высокие результаты по отношению к товарным и племязаводам и были не ниже 40 % на коровах 1...5-го и старше отелов (C_v 21,3...39,4 %). Наибольшее достоверное влияние оказал фактор «техник по искусственному осеменению» – 27,1 % и «бык-производитель» – 24,5 %. Достоверно положительное значение показателя повторяемости оплодотворяющей способности семени быков-производителей при использовании на коровах разных возрастных группах получено в племрепродукторах, $r_w = 0,13$ ($P \leq 0,05$).

Ключевые слова: фенотипическая изменчивость семени, голштинская порода быков, племрепродукторы, быки-производители.

Цитирование. Нарышкина Е. Н. Фенотипическая изменчивость и повторяемость оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 361-370. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-41.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Репродуктивные показатели как маточного поголовья, так и используемых для осеменения быков-производителей имеют высокое значение в молочном животноводстве. С экономической и селекционной точки зрения важную ценность представляют показатели оплодотворяемости коров и оплодотворяющей способности (фертильность) семени быков-производителей. Применение искусственного осеменения позволяет использовать сперму одного быка-производителя для осеменения большого поголовья самок и оказывать первостепенное влияние на генетический прогресс в стаде и динамику воспроизводства в целом [2, 3, 6, 7].

Воспроизводство стада – это сложный производственный процесс, включающий своевременные организационно-хозяйственные, биологические, зооветеринарные и технологические мероприятия, которые направлены на получение здорового приплода, его сохранность, правильное развитие и, в конечном итоге, создание высокопродуктивных животных. Плодотворное осеменение самок оказывает влияние на оценку воспроизводительной способности (фертильности) семени быка-производителя и зависит от генетических, паратипических и комплекса физиологических факторов: качественные и количественные показатели семени быка-производителя, возраст осеменяемой коровы, квалификация техника по искусственному осеменению, менеджмент стада в целом, состояние здоровья коровы, уровень продуктивности, сам процесс осеменения в зависимости от времени овуляции, манипуляции со спермой непосредственно перед осеменением [2, 8, 11, 13, 16].

В соответствии с ГОСТ 3745-2014 оплодотворяющая способность спермы быков-производителей (процент оплодотворенных телок и коров после однократного осеменения) должна быть не ниже 50 %. Для оценки племенных качеств быков-производителей по воспроизводительной способности с 2005 г. согласно «Правилам проведения комплексной оценки племенных качеств (бонитировки) крупного рогатого скота молочно-мясных пород» все быки-производители, принадлежащие племенным предприятиям по искусственному осеменению, должны проходить BLUP-процедуру для оценки их оплодотворяющей способности по методологии смешанных линейных уравнений, куда включены не только количество плодотворных осеменений, но и факторы «стадо» и «техник по искусственному осеменению» по следующему уравнению:

$$Y = H + B + S + e; \quad (1)$$

где Y – число плодотворных осеменений спермой быка; H – фиксированный эффект стада; B – фиксированный эффект «техник по искусственному осеменению»; S – рандомизированный (случайный) эффект «бык-производитель»; e – рандомизированный остаточный эффект модели.

Индексация быков по воспроизводительной способности проводится при условии наличия в информационной базе данных сведений не менее, чем о 100 первичных осеменениях спермой быка-производителя (Савенко Н. А. и др., 2006).

Фенотипическая изменчивость количественных и качественных признаков воспроизводительных функций быков-производителей не является постоянной величиной (Басовский Н. З., Завертяев Б. П. и др., 1974). Не только в отдельных группах животных (линиях, породах), но и у одного и того же быка-производителя один и тот же признак может иметь разную степень фенотипической изменчивости под влиянием паратипических факторов. Сами признаки тоже могут отличаться друг от друга по степени изменчивости [9].

Для характеристики генотипического разнообразия в популяции не менее важное значение имеет оценка степени повторяемости количественных признаков. Данный показатель оценивает степень постоянства признака при изменении паратипических факторов [4].

Исследования большинства ученых сводятся к тому, что вариабельность признаков собственной продуктивности быков-производителей имеет широкий диапазон. Несмотря на то, что размах изменчивости основных показателей спермопродукции быков-производителей разных пород достигает: объем эякулята 37,6...46,0 % [12] ...22 [15] ...22...24 % [10], количество сперматозоидов 19,2 %...33,3 [12] ...35 % [15], концентрация сперматозоидов 34,6...46,2 % [12] ...25 [15] ...22...24 % [10], оплодотворяющей способности 17,4...19,8 [5] наблюдается относительно высокая степень повторяемости данных показателей: объем эякулята 0,34...0,59 [12] ...0,59 [10] ...0,54...0,6 [14]; количество сперматозоидов 0,23...0,39 [12] ...0,29...0,47 [14], концентрация сперматозоидов 0,2...0,5 [12] ...0,25...0,36 [10] ...0,37...0,43 [14], указывающая на постоянство данных признаков у одних и тех же животных и эффективность отбора по ним.

По данным Пыжовой Е. Н. и др. (2011) после проведения генетико-статистического анализа 106 841 эякулятов от 279 быков-производителей в возрасте до 13 лет 11-ти пород, полученных на протяжении с 2000 по 2008 гг., были рассчитаны коэффициенты повторяемости по активности сперматозоидов, объему эякулята, числу сперматозоидов в нем и их концентрации равны 0,68... 0,65... 0,62 и 0,57 соответственно при $P < 0,001$; по оплодотворяющей способности — 0,20 при $P < 0,01$.

Искусственное осеменение широко применяется в племенных и товарных хозяйствах, поэтому важно проводить всесторонний анализ факторов, влияющих на оценку быков-производителей по их оплодотворяющей способности.

Материалы и методы. Цель — изучить влияние статуса хозяйства (товарное или племенное) на фенотипическую изменчивость и повторяемость показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы при использовании их на коровах разных возрастных групп для дальнейшей оценки быка-производителя по оплодотворяющей способности.

Задачи исследований: изучить динамику изменения основных показателей воспроизводительных функций коров разных возрастных групп за ряд лет (индифференс-период, сервис-период, межотельный период, индекс осеменения); изучить вариабельность (изменчивость) показателя оплодотворяющей способности семени быков в племенных и товарных хозяйствах; рассчитать показатель повторяемости фертильности семени быков в племенных и товарных хозяйствах.

Для решения поставленных задач была собрана сводная база данных телок случного возраста и коров разных возрастных групп на основании первичной информации по показателям воспроизводства. Сбор данных произведен с использованием системы получения и обработки информации по учтенным событиям: СЕЛЭКС-Молочный скот (ОАО «РЦ «Плино») за период времени 2008-2018 гг. в хозяйствах Московской области. Все хозяйства по состоянию на 2017-2018 год условно разделили на три группы: племзаводы, племрепродукторы и товарные стада. Для статистического анализа оплодотворяющей спо-

способности семени быков-производителей использовали данные по использованию 21 быка-производителя как на телках случного возраста, так и на коровах 1-го...2...3...4...5-го и более отелов в племенных и товарных хозяйствах Московской области: племзаводы – 13, племрепродукторы – 17, товарные – 14 (Жаров И. Н. и др., 2017-2019 гг.).

Структура маточного поголовья, на котором использовали семя изучаемых быков-производителей: телки случного возраста – 37 %, коровы 1-го отела – 26 %, коровы 2-го отела – 19 %, коровы 3-го отела – 11 %, коровы 4-го отела – 5 %, 5-го отела и старше – 4 %.

Изучаемые показатели воспроизводительной функции коров и телок случного возраста: индифференс-период (период от отела до 1-го осеменения), сервис-период (период от отела до плодотворного осеменения), межотельный период, индекс осеменения (количество осеменений на одно плодотворное).

Оплодотворяющая способность семени быка-производителя - % стельных самок, оплодотворенных после 1-кратного осеменения от общего количества оплодотворенных самок. Рассчитывается для каждого быка-производителя.

Для изучения вариабельности оплодотворяющей способности спермы использовали данные быков-производителей, спермой которых были осеменены одновременно коровы разных возрастных групп в племенных и товарных хозяйствах (Кузнецов В.М., 2006).

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100 ; \quad (2)$$

где σ – стандартное отклонение; $\bar{x}$ – средний показатель фертильности семени быка-производителя.

Дисперсионный, статистический, графический анализ проводили с использованием языка R в среде RStudio.

Расчет силы влияния основных паратипических и генетических факторов на оплодотворяющую способность семени быков-производителей рассчитывали с помощью многофакторного дисперсионного анализа по следующей модели:

$$Y_{ijkn} = \mu + type_i + lactation_j + tech_k + bulls_n + e_{ijkn} ; \quad (3)$$

где Y_{ijkn} – значение показателя оплодотворяющей способности быка-производителя; μ – среднее значение; $type_i$ – сельхозпредприятие (племзавод, племрепродуктор, товарное); $lactation_j$ – возраст коров (телки случного возраста, коровы 1-го...2-го...3-го...4-го...5-го отелов и ше); $tech_k$ – техник по искусственному осеменению; $bulls_n$ – бык-производитель; e_{ijkn} – случайная ошибка.

Коэффициент повторяемости оплодотворяющей способности семени быков-производителей в племенных и товарных хозяйствах рассчитывали с использованием однофакторного дисперсионного анализа для альтернативных признаков, как коэффициент внутриклассовой корреляции (Кузнецов В. М., 2006):

$$R_w = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}; \quad (4)$$

где σ_a^2 – факториальная варианса; σ_e^2 – остаточная варианса.

Для тестирования уровня достоверности нулевой гипотезы принят уровень значимости $\alpha=0.05$.

Результаты и обсуждение. Важными показателями, характеризующими процесс воспроизводства в стаде, являются индифференс-период и сервис-период как с физиологической точки зрения (послеродовая инволюция матки и готовность ее к осеменению), так и с экономической (от неоплодотворенной коровы после первых 30 суток недополучают телят и до 10 кг молока при удое более 5000 кг) [1].

По состоянию воспроизводства в исследуемых хозяйствах Московской области за период времени 2008-20018 гг. независимо от типа хозяйства показатель индифференс-периода был достаточно высокий у коров всех возрастных групп. Так, у коров 1-го отела составлял $98,7 \pm 1,26$ (племзаводы)... $104,0 \pm 1,29$ (товарные)... $105,8 \pm 1,09$ (племрепродукторы). Далее в динамике показатели снижались в среднем на 10...17 дней для племязаводов, на 13...20 дней для племярепродукторов и на 5...11 дней для товарных хозяйств. Продолжительность сервис-периода у коров 1-го отела в товарных стадах достоверно дольше на 26,8...27,9 дня ($P \leq 0.05$) по отношению к коровам 1-го отела в племенных стадах. Следует отметить, что данный показатель в товарных хозяйствах имел достоверно высокие значения ($P \leq 0.05$) по отношению к племярепродукторам и племязаводам. Самые низкие значения межотельного периода были в племярепродукторах и составили $404,1 \pm 1,79$... $443,0 \pm 9,03$ дней у коров разных возрастов (рисунок 1).

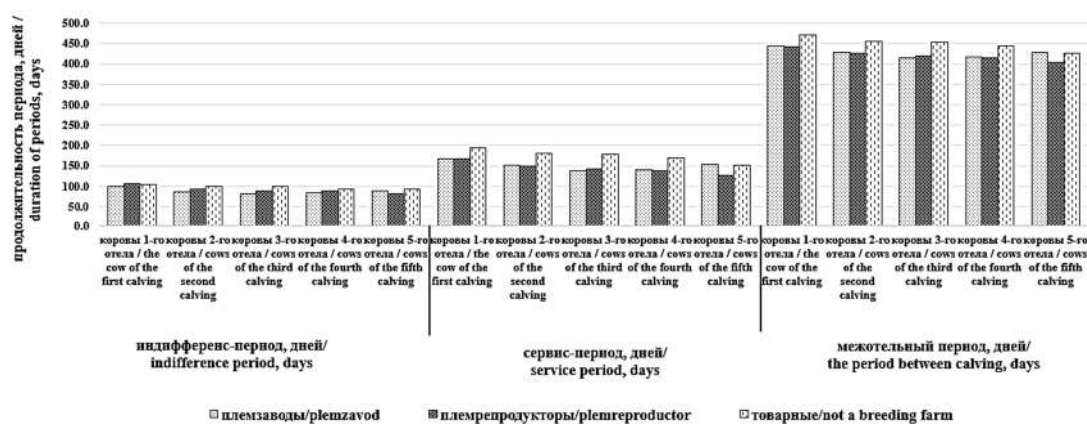


Рисунок 1 – Признаки воспроизводительной функции коров разного возраста в племенных и товарных стадах

Figure 1 – Traits of reproductive function of cows of different ages in breeding and non-breeding herds

В целом низкие показателями воспроизводства имели товарные хозяйства. Это подтверждается и значениями индекса осеменения: в товарных хозяйствах он был высоким на всех полновозрастных группах коров по отношению к другим типам хозяйств в среднем на 0,2...0,6 раза. Телки случного возраста независимо от типа хозяйств имели высокий показатель индекса осеменения 1,43...1,47. В племярепродукторах значения данного показателя были самые низкие во все возрастные периоды (таблица 1).

Несомненно, запредельно высокие значения показателей воспроизводительной функции коров разных возрастов как в племенных, так и в товарных хозяйствах отражаются на значении показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей (рисунок 2).

Высокие показатели фертильности семени быков-производителей были получены при использовании его на телках случного возраста для всех типов хозяйств – 67,8 (товарные)...73,5 % (племярепродукторы) с относительно низким коэффициентом вариабельности – 12,2...14,2 % (рисунок 2, таблица 2).

Далее отмечается снижение данного показателя на 25-30 % и более. Значения показателя фертильности семени быков при использовании их в племярепродукторах на разновозрастных коровах показали более высокие результаты по отношению к товарным и племязаводам и были не ниже 40 % на коровах 1...5-го и старше отелов (Cv-21,3...39,4 %). Критически низкие значения данного показателя в товарных хозяйствах – 30 % и ниже (Cv-26,8...41,1 %).

Таблица 1 – Средние значения индекса осеменения коров разных возрастных групп в племенных и товарных хозяйствах

Table 1 – Average values of the insemination index of cows of different age groups in breeding and non-breeding farms

Тип хозяйства / Type of farm	Телки случного возраста / Heifers	Коровы 1-го отела / Cows of the 1st calving	Коровы 2-го отела / Cows of the 2nd calving	Коровы 3-го отела / Cows of the 3rd calving	Коровы 4-го отела / Cows of the 4th calving	Коровы 5-го отела / Cows of the 5th calving
Племзаводы / Plemzavod	1,46	2,75	2,85	2,86	3,00	3,17
Племрепродукторы / Plemreproducer	1,43	2,38	2,56	2,58	2,90	3,34
Товарные / Not a breeding farm	1,47	2,98	2,95	3,04	3,30	3,39
Все типы хозяйств / All types of farms	1,45	2,72	2,90	3,00	3,14	3,37

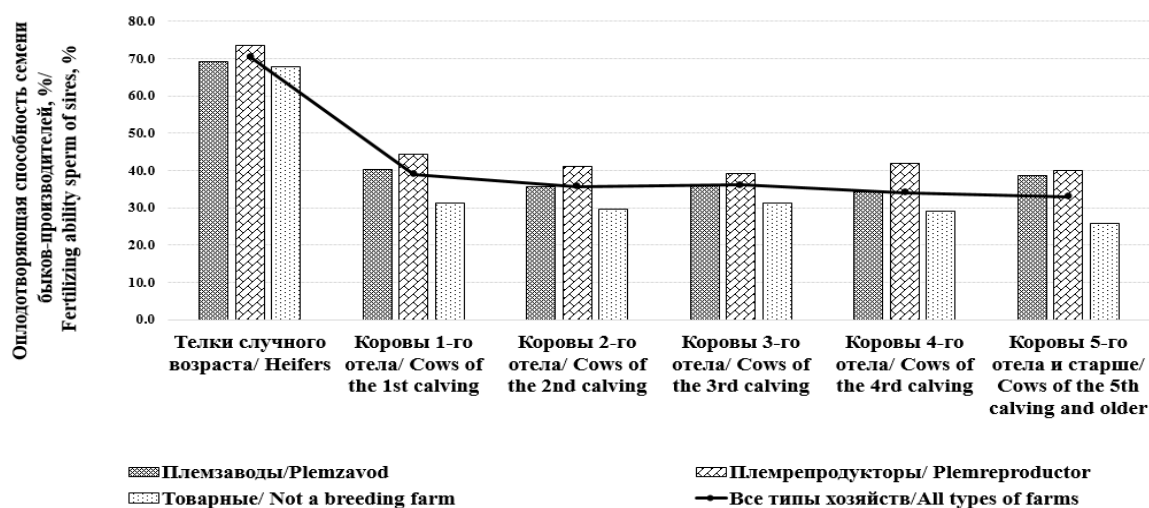


Рисунок 2 – Оплодотворяющая способность семени быков-производителей при использовании на коровах разных возрастных групп в племенных и товарных хозяйствах

Figure 2 – Fertilizing ability sperm of sires when used on cows of different age groups in breeding and non-breeding farms

Таблица 2 – Вариабельность (Cv, %) показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей при использовании на телках случного возраста и коровах разных возрастных групп

Table 2 – Variability (Cv, %) of the parameters of fertilizing ability of the sperm of sires, which is used on heifers and cows of different age groups

Тип хозяйства / Type of farm	Возрастные группы коров / Cows of different age					
	Телки случного возраста / Heifers	Коровы 1-го отела / Cows of the 1st calving	Коровы 2-го отела / Cows of the 2nd calving	Коровы 3-го отела / Cows of the 3rd calving	Коровы 4-го отела / Cows of the 4th calving	Коровы 5-го отела / Cows of the 5th calving
Племзаводы / Breeding farm	14.19	16.52	15.74	25.56	35.40	37.47
Племрепродукторы / Plemreproducer	12.20	21.34	23.67	27.59	27.09	39.39
Товарные / Not a breeding farm	13.49	26.85	35.75	32.42	27.63	41.06

Снижение показателя фертильности семени с ростом вариабельности данного показателя свидетельствует о влиянии паратипических факторов.

Чтобы определить силу влияния различных факторов на значение фертильности семени быков, был проведен многофакторный дисперсионный анализ (таблица 3).

Наибольшее достоверное влияние оказал фактор «техник по искусственному осеменению» – 27,1 % и «бык-производитель» – 24,5 %. Для плодотворного осеменения техник-осеменатор должен постоянно поддерживать высокую квалификацию, вовремя выявлять корову в охоте и своевременно осеменять ее, но только в случае если инволюция матки коровы закончилась. Кроме того, необходимо строго соблюдать правила размораживания спермы с целью сохранения ее оплодотворяющей способности.

Таблица 3 – Влияние паратипических и генетических факторов на оплодотворяющую способность семени быков-производителей

Table 3 – The influence of paratypical and genetic factors on the fertilizing ability of the sperm of bulls

Показатель / Parameter	Df	Sum Sq	F-value	η , %
Тип хозяйства / Type of farm	2	205744	3192,3**	6,7
Возраст коров / Age of cows	7	28645	127**	0,9
Техник по искусственному осеменению / Insemination technician	211	826797	121,6***	27,1
Бык-производитель / Sires	20	747214	1159,4***	24,5
Residuals (остаток)	38714	1247575		40,8

здесь и далее: * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$

Для оценки степени соответствия между показателями фертильности семени быков-производителей при использовании их на всех возрастных группах коров, но в разных типах хозяйств рассчитали коэффициенты повторяемости.

Следует отметить, что достоверно положительное значение показателя повторяемости оплодотворяющей способности семени быков-производителей выявлено при использовании их на коровах разных возрастных групп в племярепродукторах $r_w = 0,13$ ($P \leq 0,05$) (таблица 4).

Таблица 4 – Повторяемость показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей в племенных и товарных хозяйствах

Table 4 – The repeatability of the parameters of fertilizing ability of the sperm of sires in breeding and non-breeding farms

Тип хозяйства / Type of farm	r_w	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$
Племзаводы / Plemzavod	-0.13	0.34	$F_{\alpha=0.05} \dots 1.59$ $F_{\alpha=0.01} \dots 1.93$
Племярепродукторы / Plemreproductor	0.13*	1.91	
Товарные / Not a breeding farm	0.03	1.19	
Все типы хозяйств / All types of farms	-0.11	0.46	

* $P \leq 0,05$

Выводы. Значимое влияние на фертильность семени быков-производителей оказали факторы «техник по искусственному осеменению» – 27,1 и «бык-производитель» – 24,5 % общей дисперсии. Продолжительность периодов (индифференс-период, сервис-период и межотельный период), характеризующих воспроизводительную функцию коров разных возрастных групп в племярепродукторах, имели более короткую продолжительность в сравнении с племязаводами и товарными хозяйствами. Количество плодотворно осемененных коров разного возраста после однократного осеменения семенем

одних и тех же быков-производителей в племрепродукторах при $r_w=0,13$ ($P \leq 0,05$) было выше на 3,2...7,6 % по сравнению с племзаводами и на 7,9...14,1 % выше, чем в товарных хозяйствах. Необходимо внимательно подходить к выбору хозяйства для оценки быков-производителей по оплодотворяющей способности семени с целью снижения влияния паратипических факторов, связанных с организацией воспроизводства в хозяйствах.

Библиографический список

1. Иванова И. П., Григорьев М. Е., Пилипчук В. К. Репродуктивные качества и продолжительность использования коров при кроссах линий // Вестник КрасГАУ. 2020. № 7. С.100-104.
2. Любимов В. Е. Физиологические предпосылки построения отечественной программы управления стадом // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 3 (19). С. 176-179.
3. Нарышкина Е. Н., Сермягин А. А. Оценка генетической и геномной вариабельности признаков фертильности быков-производителей на основе локусов в геноме, ассоциированных с давлением отбора (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 64–72.
4. Нарышкина Е. Н. Влияние генетических и паратипических факторов на качественные и количественные показатели спермы быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 4. С. 15-19.
5. Нарышкина Е. Н. Вариабельность показателя оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы в племенных и товарных стадах // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 124-133.
6. Пыжова Е., Иванов Ю., Ескин Г. Влияние комплекса признаков на качество спермы быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 22-23.
7. Филиппов Д. И., Труфанов В. Г. Оплодотворяющая способность семени импортного и отечественного производства, полученного от быков-производителей голштинской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 8. С. 6-9.
8. Effects of the Bull on Conception Rate of Dairy Cows in Different Seasons and According to AI Type / G. B. Luz, A. S. Maffi, L. B. Farias [et al.] // Acta Scientiae Veterinariae. 2018. No 46. P. 1552.
9. Fair S., Lonergan P. Review: Understanding the causes of variation in reproductive wastage among bulls // Animal. 2018. No 12:S1. P. 53–62.
10. Genetic parameters of semen quality traits and genetic correlations with service sire nonreturn rate in Nordic Holstein bulls / Gr. Gebreyesus, M. S. Lund, K. Kupisiewicz, G. Su // Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 104. No. 9. P. 10010-10019.
11. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre / E. M. Murphy, A. K. Kelly, C. O'Meara, B. Eivers, P. Lonergan, S. Fair // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. Is. 6. P. 2408–2418.
12. Phenotypic Variation and Repeatability of Semen Characteristics of Bulls / M. N. Haque, A. B. M. M. Islam, A. K. F. H. Bhuiyan [et al.] // Pakistan Journal of Biological Sciences. 2001. No 4 (11). P. 1418-1420.
13. Relationship between Semen Quality Parameters and Field Fertility of Bulls / S. K. Rabidas, A. K. Talukder, Md. G. Shahi Alam, F. Y. Bari // J. Emb. Trans. 2012. Vol. 27. No 1. P. 21-28. <https://www.researchgate.net/publication/342976305>.
14. Repeatability and Phenotypic Correlation Among Semen Quality Traits in Holstein Bulls / A. Argiris, S. I. Santoso, Y. S. Ondho, E. Kurnianto // Bulletin Peternakan. 2018. No 42 (4). P.267-272.
15. Seidel G. E., Foote R. H. Variance components of semen criteria from bulls ejaculated frequently and their use in experimental design // Journal of Dairy Science. 1972. Vol. 56. No 3. P. 399-405.
16. Sutovsky P. Sperm–oocyte interactions and their implications for bull fertility, with emphasis on the ubiquitin–proteasome system // Animal. 2018. No 12:S1. P. 121–132.

Информация об авторах

Нарышкина Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста (142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3421-1653>; e-mail: selection.76@mail.ru

OVERVIEW OF FACTORS LIMITING THE ACCURACY OF THE TEMPERATURE SETTINGS OF INCUBATORS FOR BIRD EGGS

A. N. Sudakov¹, E. A. Andrianov², A. A. Andrianov²

¹GAU "Moscow Zoo", Moscow

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh

Received 30.06.2022

Submitted 23.08.2022

*The research was carried out within the framework of the scientific project
"Development and justification of the incubation regime of eggs of farm birds, as well as an incubator for its implementation that meet the requirements of a modern farm" of the internal grant financing program Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great*

Summary

The article presents the results of a study of various factors that are not registered by the standard bird eggs incubator systems, but may affect the accuracy of maintaining the air temperature in the incubator chamber. The research results showed that the technical capabilities of the incubators used in the study do not allow to comply with the recommendations of the incubation egg manufacturers on setting the temperature regime. Recommendations for fine-tuning the temperature regime of incubators for bird eggs are presented.

Abstract

Introduction. The air temperature in the incubator chamber is the main factor affecting the hatchability of eggs and the quality of the resulting young. Modern studies of the influence of the incubation temperature regime demonstrate developmental deviations with a change in the average temperature of the bird embryo by 0.1 °C. At the same time, maintaining the air temperature throughout the incubation period and throughout the entire volume of the incubator chamber with an accuracy of 0.1 °C is a technically difficult task. **Object.** The object of research is the temperature regime of the air in the incubator chamber for bird eggs. **Materials and methods.** The research was conducted at the department «Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety» of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I. Thermometry was carried out by industrial attorneys and self-developed measuring instruments. **Results and conclusion.** The most common thermal sensors of the resistive type provide an error of 1% to 10%, which in temperature equivalent ranges from 0.3-3.0 °C. The accuracy of calibration of the incubator temperature sensor is affected by the error of the calibration thermometer. The use of positional thermoregulators presupposes the presence of hysteresis, which cannot be less than 0.1°C for the absolute majority of models. Thermoregulators on Proportional-integral-derivative regulators provide high temperature accuracy after a period of self-adjustment, during which temperature fluctuations are up to 0.1 °C. Unregistered and unregulated temperature fluctuations due to the thermal inertia of the thermal sensor and the heating element are up to 2,0 °C. The use of the ventilation mode, as well as the periodic opening of the incubator doors, lead to a decrease in the average incubation temperature. The choice of the location of the control thermometers and temperature sensors of the incubator causes a discrepancy in indicators up to 0,5 °C. Household incubators do not have the technical capabilities to comply with the recommended incubation modes. Monitoring of the true air temperature in the incubator chamber requires the use of multi-channel temperature recorders. The use of Proportional-integral-derivative regulators is impractical when using incubation modes involving frequent airing. Massive heating elements increase the risk of overheating. The choice of the installation location of the thermal sensor and the characteristics of its thermal conductivity have a significant impact on the temperature regime of artificial incubation of bird eggs.

Key words: incubator for bird eggs, temperature.

Citation. Sudakov A. N., Andrianov E. A., Andrianov A. A. Overview of factors limiting the accuracy of the temperature settings of incubators for bird eggs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 371-379 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-42.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.082.474.1

**ОБЗОР ФАКТОРОВ, ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ТОЧНОСТЬ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ НАСТРОЙКИ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ ЯИЦ ПТИЦ**

А. Н. Судаков¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. А. Андрианов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. А. Андрианов², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ ГАУ «Московский зоопарк», г. Москва² ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I, г. Воронеж

Дата поступления в редакцию 30.06.2022

Дата принятия к печати 23.08.2022

*Исследования проведены в рамках выполнения научного проекта
«Разработка и обоснование режима инкубации яиц сельскохозяйственных птиц, а также
инкубатора для его реализации, отвечающих требованиям современного фермерского хо-
зяйства» программы внутреннего грантового финансирования федерального государствен-
ного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский госу-
дарственный аграрный университет имени императора Петра I»*

Актуальность. Температура воздуха в камере инкубатора – основной фактор, влияющий на температуру эмбриона в яйце, от которой зависят выводимость яиц и качество полученного молодняка. Современные исследования температурного режима инкубации яиц птиц демонстрируют отклонения в развитии эмбрионов при изменении средней температуры эмбриона на 0,1 °С. Вместе с тем поддержание температуры воздуха с точностью 0,1 °С в течение всего периода инкубации и по всему объему камеры инкубатора является технически сложной задачей. **Объект.** Объектом исследований является температурный режим воздуха в камере инкубаторов для яиц птиц. **Материалы и методы.** Исследования проводились на кафедре технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I». Термометрию осуществляли промышленными поверенными и собственной разработки измерительными приборами. **Результаты и выводы.** Наиболее распространенные термодатчики резистивного типа обеспечивают погрешность от 1 % до 10 %, что в температурном эквиваленте составляет от 0,3–3,0 °С. На точность калибровки термодатчика инкубатора влияет погрешность калибровочного термометра. Использование позиционных терморегуляторов предполагает наличие гистерезиса, который не может быть менее 0,1 °С для абсолютного большинства моделей инкубаторов. Терморегуляторы на ПИД-регуляторах обеспечивают высокую точность температуры после периода самонастройки, в процессе которой колебания температуры составляют до 1,0 °С. Нерегистрируемые и нерегулируемые колебания температуры, обусловленные тепловой инерцией термодатчика и нагревательного элемента, составляют до 2,0 °С. Применение режима проветривания, а также периодические открывания дверей инкубатора приводят к снижению средней температуры инкубации. Выбор места размещения контрольных термометров и термодатчиков инкубатора вызывает расхождение в показателях до 0,5 °С. Бытовые инкубаторы не имеют технических возможностей для соблюдения современных режимов инкубации. Контроль истинной температуры воздуха в камере инкубатора требует применения многоканальных самописцев-регистраторов температуры. Применение ПИД-регуляторов нецелесообразно при использовании режимов инкубации, предполагающих частые проветривания. Массивные нагревательные элементы повышают риск перегрева. Выбор места установки термодатчика и характеристики теплопроводности его защитного покрытия оказывают значительное влияние на температурный режим искусственной инкубации яиц птиц.

Ключевые слова: инкубаторы для яиц птиц, искусственная инкубация яиц, температурные режимы инкубаторов.

Цитирование. Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Обзор факторов, ограничивающих точность температурной настройки инкубаторов для яиц птиц. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 371–379. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-42.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Решающее значение при искусственной инкубации яиц птиц имеет температура эмбриона, которая может существенно отличаться от температуры воздуха в камере инкубатора [1, 8, 9, 11]. Принимая за критерий оценки качества искусственной инкубации показатели выводимости и качества молодняка, экспериментально была установлена оптимальная температура эмбрионов кур в процессе искусственной инкубации, которая составила 37,8 °С [10]. Учитывая, что строение яйца птиц исключает возможность неинвазивного измерения температуры эмбриона, в промышленном птицеводстве в качестве метода термометрии принято использовать контактное измерение температуры скорлупы в экваториальной зоне малого радиуса яйца. Настройка температурных режимов инкубаторов осуществляется таким образом, чтобы обеспечить необходимую температуру эмбрионов [2, 6, 7, 12].

Вместе с тем до настоящего времени ряд публикаций результатов научных исследований температурных режимов искусственной инкубации содержит информацию, касающуюся исключительно температуры воздуха в камере инкубатора, что в значительной степени снижает их информативность.

Вероятно, отсутствие информации в публикуемых исследованиях об истинной температуре эмбриона обусловлено объективными трудностями контактной термометрии при применении лабораторных инкубаторов, а именно их малыми размерами. Таким образом, создается ситуация, при которой исследователи проводят корреляционные зависимости между изменениями температуры воздуха в камере инкубатора на десятые доли градуса и показателями выводимости. Вместе с тем, изменения температурного режима воздуха в камере инкубатора представляют собой сложный динамический процесс, обусловленный множеством факторов [3].

Многолетний опыт использования различных моделей лабораторных инкубаторов позволяет утверждать, что при реальной инкубации яиц птиц диапазон колебаний температуры воздуха в камере инкубатора имеет значительную амплитуду [4, 5]. Цель исследования – предоставить широкому кругу специалистов по инкубации информацию о факторах, влияющих на достоверность термометрических данных, отображаемых органами контроля лабораторных инкубаторов.

Материалы и методы. Анализ состояния проблемы точности определения температуры воздуха в камере инкубатора проведен на основе литературных данных и собственных экспериментальных исследований.

Исследования проводились на кафедре технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности Воронежского ГАУ в период с 2018 по 2022 год.

Использовались различные модели инкубаторов емкостью от 15 до 1000 куриных яиц, оснащенных позиционными терморегуляторами и ПИД-регуляторами.

Термометрию осуществляли следующими приборами: термометры медицинские максимальные стеклянные, термолоттер CEM DT-171, термограф собственной разработки на базе вольтметра самопишущего S-Recorder-E.

Обработку полученных данных осуществляли с использованием MS Excel.

Результаты и обсуждение. В современных цифровых инкубаторах поддержание предустановленного температурного режима осуществляется микроконтроллером, и пользователь наблюдает на экране блока управления данные о температуре, полученные путем математической обработки сигнала электронного датчика. Наличие сложных

электронных компонентов в блоке управления инкубатором обуславливает повышенный риск возникновения ошибки при определении и регулировке температуры; по этой причине производители инкубаторов рекомендуют периодически осуществлять температурную калибровку инкубатора заведомо точными термометрами. Вместе с тем вне зависимости от типа и качества применяемых при калибровке термометров существуют факторы, не позволяющие повысить точность поддержания температуры воздуха в камере выше определенных значений.

Технические характеристики инкубаторов. Большинство представленных на рынке инкубаторов, согласно инструкции, обеспечивают точность поддержания температуры от 0,1 до 0,2 °C. Однако в ряде случаев, основанием для указания данной информации являются технические характеристики применяемого в конкретной модели терморегулятора, а именно его разрешающая способность, которая, как правило, составляет 0,10 °C, вместе с тем значительно более важным параметром является погрешность (точность измерений) терморегулятора, зависящая от типа термодатчика и алгоритма математической обработки сигнала. Наиболее распространенные термодатчики резистивного типа обеспечивают погрешность от 1 % до 10 %, что в температурном эквиваленте составляет от 0,3-3,0 °C.

Калибровка. Калибровка позволяет снизить влияние погрешности до значений, соответствующих разрешающей способности терморегулятора. Вместе с тем калибровочные термометры сами имеют допустимую погрешность, которая суммируется с разрешающей способностью терморегулятора. В качестве доступного средства калибровки производители рекомендуют использовать медицинский термометр. Как следует из ГОСТ 31516-2012 «Термометры медицинские максимальные стеклянные», пределы допускаемой абсолютной погрешности термометра – от плюс 0,1 °C до минус 0,15 °C. Следовательно, накопленная ошибка может составить 0,25 °C.

Гистерезис. На настоящее время в инкубаторах применяют два типа терморегуляторов: позиционные и PID-регуляторы. Позиционные регуляторы имеют два положения для управления одним или несколькими нагревательными элементами инкубатора: включен и выключен. Применение нескольких нагревательных элементов в позиционном терморегуляторе позволяет осуществлять плавное изменение температуры. Общей чертой позиционных регуляторов является наличие гистерезиса – диапазона температур при работе инкубатора. Для большинства инкубаторов минимальный гистерезис равен разрешающей способности и составляет 0,1 °C, однако столь узкий диапазон вызывает повышенный износ управляющих реле и нагревательных элементов, что вынуждает устанавливать значение гистерезиса не менее 0,5 °C.

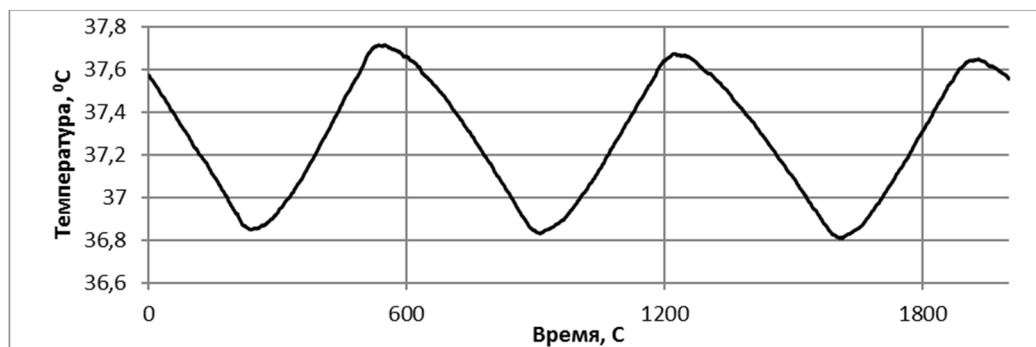


Рисунок 1 – Колебания температуры воздуха в камере инкубатора с предустановленным гистерезисом 0,5 °C

Figure 1 – Fluctuations in the air temperature in the incubator chamber with a preset hysteresis of 0.5 °C

В случае, представленном на графике (рисунок 1), диапазон колебаний составляет $0,8^{\circ}\text{C}$.

Применение в инкубаторах пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД-регуляторов) было обусловлено способностью подобных регуляторов поддерживать точную температуру без гистерезиса. Принцип действия ПИД-регуляторов температуры основан на плавном изменении мощности нагревательных элементов. Однако алгоритм работы ПИД-регуляторов предполагает определенное время для установления стабильного режима.

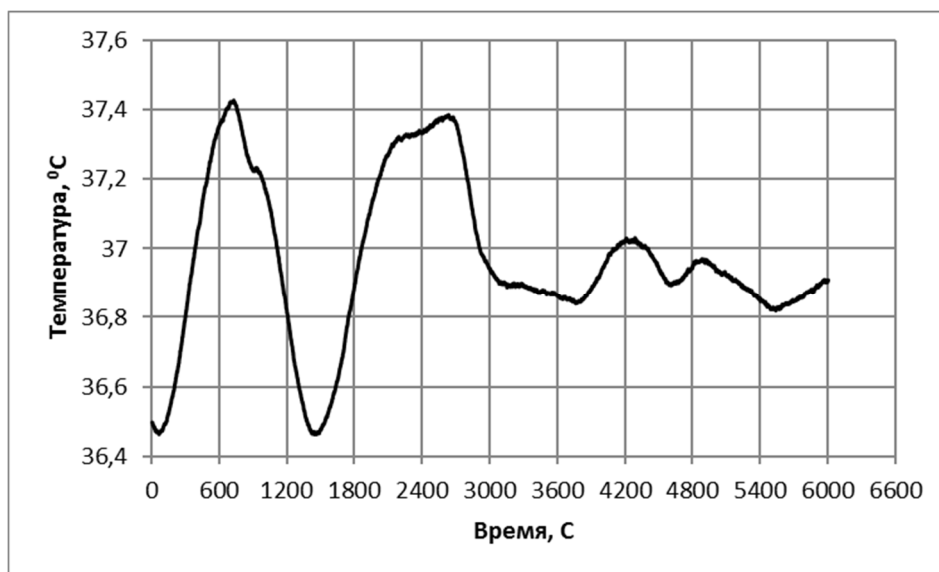


Рисунок 2 – Колебания температуры при использовании ПИД-регулятора

Figure 2 – Temperature fluctuations when using a PID controller

В представленном случае (рисунок 2) ПИД-регулятору потребовалось 53 минуты для стабилизации температуры. Следует отметить, что в течение 28 минут диапазон колебаний температуры составлял более $1,0^{\circ}\text{C}$. Подстройка ПИД-регулятора с различным диапазоном колебаний происходит при каждом температурном воздействии на инкубатор (изменение температуры в помещении, открывание дверки, отключение электропитания). Диапазон колебаний ПИД-регулятора на этапе подстройки может значительно превышать гистерезис позиционных терморегуляторов. С учетом широкого распространения термоконтрастных режимов инкубации, предполагающих регулярное проветривание инкубатора, значительную часть времени температура в инкубаторе, оснащённом ПИД-регулятором, будет варьировать в широком диапазоне.

Инерция термодатчика. В стремлении предотвратить повреждения термодатчика в процессе эксплуатации производители инкубаторов используют термодатчики в защитном корпусе, однако наличие дополнительной массы вокруг датчика вызывает значительное отклонение регистрируемой им температуры от истинной температуры в камере инкубатора.

Инерция термодатчика вызывает задержки в переключении нагревательного элемента и, как следствие, колебания температуры в камере инкубатора в диапазоне значений, превышающие отображаемые на экране терморегулятора данные. В случае, представленном на (рисунок 3), датчик 1 в защитном корпусе демонстрирует колебания температуры около $0,1^{\circ}\text{C}$, тогда как истинный диапазон колебаний температуры воздуха в инкубаторе, регистрируемом незащищенным датчиком 2, составил около $2,0^{\circ}\text{C}$.

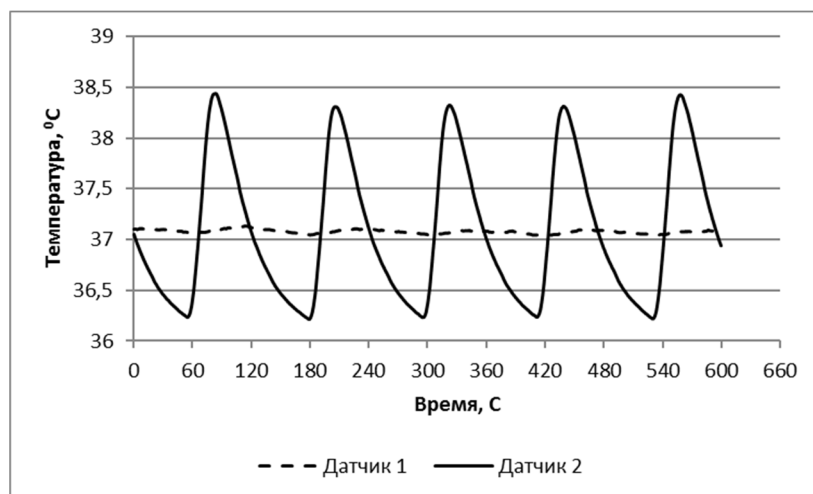


Рисунок 3 – Сравнение показаний открытого и защищенного термодатчиков

Figure 3 – Comparison of open and protected temperature sensor readings

Следует отметить, что применение массивного корпуса на контрольном термометре в некоторых случаях может применяться с целью определения средних значений.

Инерция нагревательного элемента. Данное свойство в большей степени проявляется при использовании позиционных терморегуляторов. В процессе работы нагревательный элемент может разогреваться до высоких температур, значительно превышающих температуру воздуха в камере инкубатора, как следствие, после отключения подачи энергии требуется некоторое время для охлаждения нагревательного элемента. В этот период температура воздуха в камере инкубатора продолжает расти.

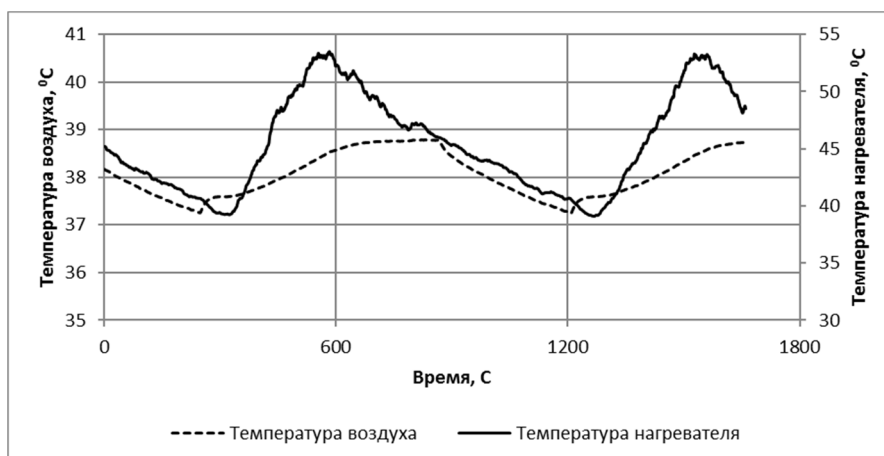


Рисунок 4 – Показания температур нагревательного элемента и воздуха в инкубаторе

Figure 4 – Temperature readings of the heating element and air in the incubator

Масштаб эффекта обусловлен массой и мощностью нагревательного элемента и в отсутствие системы принудительного охлаждения, значения температур в этот период времени могут достигать значений, значительно превышающих допустимые температуры инкубации. В представленном на рисунке 4 случае продолжительность охлаждения нагревательного элемента составила более 300 секунд, из которых более 30 секунд воздух в камере инкубатора продолжал нагреваться, и его температура превысила предустановленные значения.

Режим проветривания и открывание двери инкубатора. Инкубатор не является изолированным от внешней атмосферы устройством. Процесс искусственной инкубации яиц птиц предполагает периодический доступ в камеру инкубатора для проведения процедур биологического контроля инкубации, существует ряд режимов инкубации, предполагающих регулярные проветривания, лабораторные исследования предполагают регулярные манипуляции с изъятием яиц из инкубатора. Каждое открытие дверки инкубатора или включение системы вентиляции приводит к резкому изменению температуры воздуха в инкубаторе и, как следствие, к изменению средней температуры инкубации.

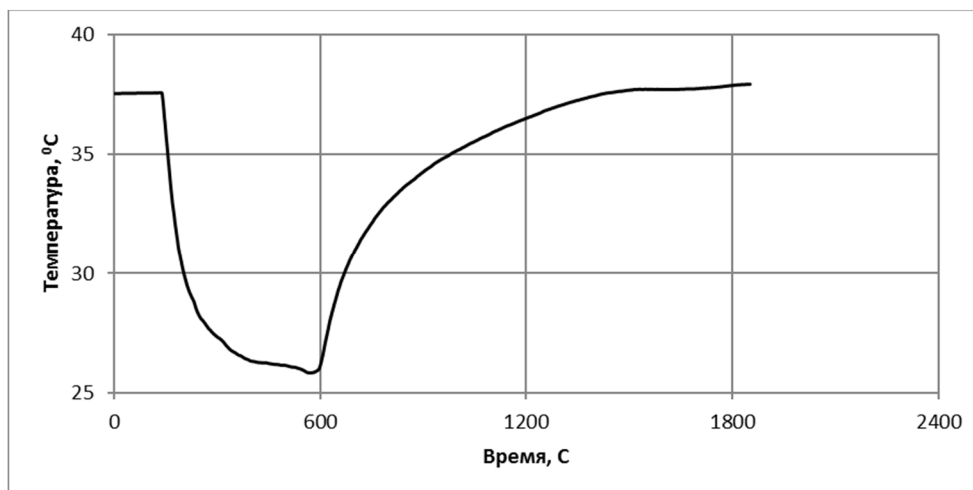


Рисунок 5 – График изменения температуры в следствие открытия дверцы инкубатора

Figure 5 – Graph of temperature changes due to the opening of the incubator door

После прекращения доступа больших объемов воздуха, вызванных включением системы вентиляции или открытием дверцы инкубатора, восстановление установленных значений температуры занимает определенное время, в которое температура воздуха в камере инкубатора понижена. На примере графика (рисунок 5) наглядно видно, что открытая на 7,5 минуты дверца инкубатора вызвала суммарное отклонение в температурном режиме инкубации более чем на 20 минут. Около 15 минут потребовалось на восстановление температуры до предустановленных значений.

В зависимости от кратности и продолжительности вентиляции или открытия дверцы инкубатора, изменение средней температуры инкубации может варьировать в широком диапазоне (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение средней температуры инкубации, в зависимости от кратности и длительности включения вентиляции (контроллер инкубатора установлен на поддержание температуры 37,8 °C)

Table 1 – Change in the average incubation temperature, depending on the multiplicity and duration of ventilation activation (the incubator controller is set to maintain a temperature of 37,8 °C)

Длительность, мин.	Кратность, сут. ⁻¹	
	1	2
5	37,75°C	37,7°C
10	37,7°C	37,6°C
20	37,6°C	37,5°C

Изменение средней температуры вызывает изменение суммы эффективных температур инкубации, которая является одной из важнейших составляющих температурного режима инкубации и оказывает непосредственное влияние на показатели развития эмбрионов, срок инкубации, выводимость и качество молодняка.

Место установки термодатчика. Общеизвестно, что температура воздуха в камере инкубатора неоднородна. Существуют холодные и теплые зоны. У лучших инкубаторов показатель разности температур в различных зонах камеры может составлять $0,1^{\circ}\text{C}$, у простых моделей разность может превышать $1,0^{\circ}\text{C}$.

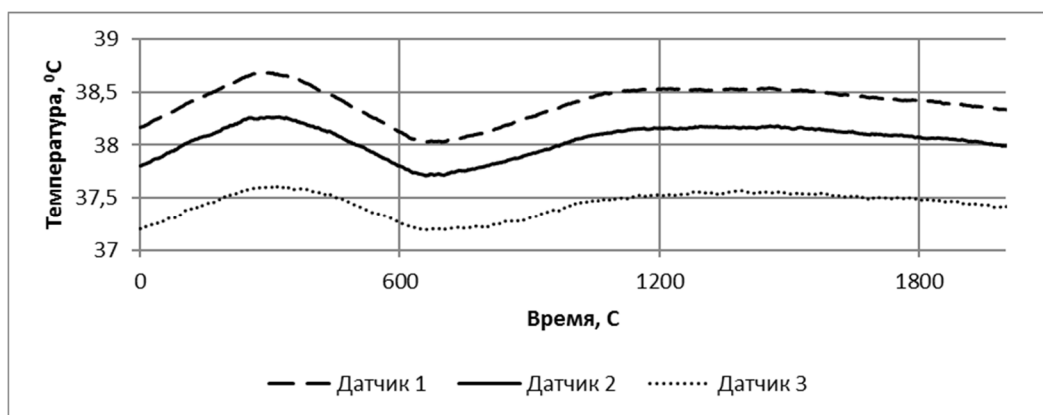


Рисунок 6 – Термограммы различных зон инкубатора

Figure 6 – Thermograms of different incubator zones

На графике (рисунок 6) представлены данные о значениях температуры воздуха в камере одного из инкубаторов российского производства. Датчик 1 был установлен в зоне лотка, максимально приближенного к нагревательному элементу, датчик 2 располагали в центре камеры инкубатора, датчик 3 был закреплен у смотрового стекла, в зоне, где обычно размещают контрольный термометр. Несмотря на то, что смотровое окно выполнено из двухслойного стеклопакета, разность температур датчиков 2 и 3 составила $0,5^{\circ}\text{C}$.

Выводы. Использование распространенных моделей бытовых инкубаторов исключает техническую возможность соблюдения температурных режимов инкубации, предполагающих поддержание температуры воздуха в камере инкубатора с точностью выше $0,25^{\circ}\text{C}$. Для получения данных об истинной температуре воздуха в камере инкубатора целесообразно применять многоканальные самописцы с частотой опроса не менее 1 раза в секунду, на основе термодатчиков без защитных корпусов, размещенных в нескольких зонах камеры инкубатора. Применение режимов инкубации, предполагающих регулярные проветривания, охлаждения или доступ в камеру инкубатора, лимитирует использование ПИД-регуляторов температуры. Применение массивных нагревательных элементов повышает риск нагрева воздуха в камере инкубатора выше установленных значений. При установке как управляющего термодатчика, так и контрольных термометров следует особое внимание уделять месту их размещения.

Библиографический список

1. Влияние краткосрочных охлаждений яйца в процессе инкубации на динамику изменений температуры эмбриона птиц / Е. А. Андрианов, А. Н. Судаков, Н. Я. Скользнев, П. И. Дудин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 1. С. 106-114.
2. Джамил Х. Т., Щербатов В. И. Разработка инновационного способа биологического контроля яиц сельскохозяйственной птицы при инкубации // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 82. С. 138-142.
3. О тенденциях инкубаторостроения и отечественных инкубаторах / А. Н. Воронцов, Д. Ю. Босов, Л. Ф. Дядичкина, Ю. С. Голдин, А. В. Скляр // Птица и птицепродукты. 2016. № 2. С. 61-64.
4. Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Скользнев Н. Я. Универсальный температурный режим инкубации яиц мясных кроссов кур для приусадебного и фермерского птицеводства // Птицеводство. 2020. № 7-8. С. 51-57.

5. Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Обоснование параметров термо-контрастного режима инкубации яиц сельскохозяйственной птицы и конструктивно-технологическая схема его реализации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 2(65). С. 65-76.

6. Cobb Hatchery Management Guide. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/6427713bdc/Hatchery-Guide-Layout-R4-min.pdf>.

7. Effect of high eggshell temperature during the early period of incubation on hatchability, hatch time, residual yolk and first-week broiler performance / K. O. Avşar, A. Uçar, S. Ozlu, O. Elibol // Journal of Applied Poultry Research. 2021. V. 31. No 100197. P. 1-10.

8. Influence of Egg Shell Embryonic Incubation Temperature and Broiler Breeder Flock Age on Posthatch Growth Performance and Carcass Characteristics / R. Hulet, G. Gladys, D. Hill, R. Meijerhof, T. El-Shiekh // Poultry Science. 2007. V. 86 P. 408–412.

9. Janke O., Tzschentke B., Boerjan M. Comparative investigations of heat production and body temperature in embryos of modern chicken breeds // Avian and poultry biology reviews. 2004. V. 15 P. 191-196.

10. Joseph N., Lourens A., Moran E. The effects of suboptimal eggshell temperature during incubation on broiler chick quality, live performance, and further processing yield // Poultry Science. 2006. № 85. P. 932-938.

11. Nezh O., Sabri E., Eleroglu H. Effects of egg shell temperature and incubator ventilation programme on incubation results of broiler breeders // Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2018. V. 6 (5). P. 536-542.

12. Sözcü A., Ipek A., van den Brand H. Eggshell temperature during early and late incubation affects embryo and hatchling development in broiler chicks // Poultry Science. 2022.

Информация об авторах

Судаков Александр Николаевич, заведующий инкубаторием ГАУ «Московский зоопарк» (123242, Россия, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (916) 642-94-77, e-mail: ansudak@gmail.com

Андрианов Евгений Александрович, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1) доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (473) 253-71-36, e-mail: evgeniy377@gmail.com

Андрианов Алексей Александрович, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1) кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (473) 253-71-36, e-mail: alexey739@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-43

COMPARATIVE EVALUATION OF THE USE OF DIFFERENT TYPES OF BEEHIVES

V.A. Chuchunov¹, E.B. Radzievsky¹, V.A. Zlepkin¹,
T.V. Konobley¹, G.G. Lyubimenko²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Volgograd State University, Volgograd

Received 20.01.2022

Submitted 23.08.2022

Summary

The researchers give a comparative analysis of the use of different types of beehives, study the development of bee colonies, the number of eggs laid by the uterus, indicators of wintering bees, honey productivity of families at the end of the research, an economic assessment of the effectiveness of the use of types of beehives is given.

Abstract

Introduction. The main task of beekeeping is to increase the efficiency of work in the apiary, the state of the bee family, its productive qualities and, ultimately, the economic efficiency of production will depend on the choice of the type of hive, optimization of technological processes. The market offers a wide range of different types of beehives, and therefore a comparative assessment of their use in different climatic conditions is quite relevant. The hives selected for research are most often used by beekeepers of the Volgograd region. **Object.** The object of our research was bee colonies contained in wooden beehives of sun beds, Dadana - Blata and Rue in the conditions of the Volgograd region. Comparative evaluation of the use of hives of various designs in the conditions of apiaries of the Volgograd region. **Materials and methods.** During the research after the last pumping of honey, carrying out health measures and feeding families with syrup in winter, guided by the method of pairs of analogues, groups of families were formed housed in different types of hives, while paying attention to the strength of the family, the age of the uterus, honey productivity of the past season. During the experiment, the indicators of wintering of families in different types of hives, development, egg productivity of the uterus, honey productivity of the family, convenience of working with hives and beekeeping technologies in different types of hives were studied, at the end of the research, an economic assessment of the effectiveness of the use of the studied hives in the conditions of the Vologda region was given. **Results and conclusions.** The best development of families during the season was observed in the hives of the Rue system, queens in hives of this type laid the largest number of eggs, in addition, families showed the best results in honey productivity, which was reflected in economic indicators, the profitability margin was 48.31%. With all the positive qualities, I would like to note that wintering in the hives of the Root system was the worst and the wintering weak family is doomed to death.

Key words: beehives, Dadana - Blata, Ruth, honey productivity.

Citation. Chuchunov, V.A., Radzievsky E.B., Zlepkin V.A., Konobley T.V., Lyubimenko G.G. Comparative evaluation of the use of different types of beehives. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 379-388 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-43.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 638.142

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ УЛЬЕВ

В. А. Чучунов¹, кандидат биологических наук

Е. Б. Радзиевский¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Злепкин¹, доктор сельскохозяйственных наук

Т. В. Коноблей¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. Г. Любименко²

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.01.2022

Дата принятия к печати 23.08.2022

Аннотация. Исследователями дается сравнительный анализ использования разных типов ульев, изучается развитие пчелиных семей, количество отложенных маткой яиц, показатели зимовки пчел, медовая продуктивность семей по окончании исследований, дается экономическая оценка эффективности использования различных типов ульев.

Актуальность. Основной задачей пчеловодства является повышение эффективности работы на пасеке. От выбора типа улья, оптимизации технологических процессов будет зависеть состояние пчелиной семьи, ее продуктивные качества и в конечном итоге – экономическая эффективность производства. Рынок предлагает большой ассортимент разных типов ульев, по-

этому сравнительная оценка их использования в разных природно-климатических условиях достаточно актуальна. Выбранные для исследований ульи наиболее часто используются пчеловодами Волгоградской области. **Объект.** Объектом проведенных нами исследований стали пчелиные семьи, содержащиеся в деревянных ульях-лежаках, Дадана-Блата и Рута, в условиях Волгоградской области. **Цель.** Сравнительная оценка использования ульев различных конструкций в условиях пасек Волгоградской области. **Материалы и методы.** Во время исследований после последней откачки меда, проведения оздоровительных мероприятий и закармливания семей сиропом в зиму, руководствуясь методом пар аналогов, сформировали группы семей, размещавшихся в разных типах ульев, при этом обращали внимание на силу семьи, возраст матки, медовую продуктивность прошедшего сезона. В ходе опыта изучались показатели зимовки семей в разных типах ульев, развитие, яичную продуктивность матки, медовую продуктивность семьи, удобство работы с ульями и технологии пчеловодения в разных типах ульев, по окончании исследований дана экономическая оценка эффективности использования изучаемых ульев в условиях Волгоградской области. **Результаты и выводы.** Лучшее развитие семей в течение сезона наблюдалось в ульях системы Рута, матки в ульях этого типа откладывали наибольшее количество яиц. Кроме того, семьи показали лучшие результаты по медовой продуктивности, отражение которой нашлось в экономических показателях: уровень рентабельности составил 48,31 %. При всех положительных качествах хочется отметить, что зимовка в ульях системы Рут протекала хуже всего и зимующая слабая семья обречена на гибель.

Ключевые слова: *типы ульев, лежаки, Дадана-Блата, Рут, медовая продуктивность.*

Цитирование. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Коноблей Т. В., Любименко Г. Г. Сравнительная оценка использования разных типов ульев. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 379-388. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-43.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для успешной работы на пасеке необходимо обеспечить оптимизацию всего технологического процесса. Выбор того или иного типа улья, а также технологических операций, время их осуществления, оказывают решающее влияние на продуктивность пчелиных семей и результативность пасеки в целом. Известно, что при выборе улья необходимо руководствоваться природно-климатическими условиями, потенциалом нектароносов и т.д. Для достижения высоких результатов и снижения производственных затрат конструкция улья должна быть одна, а детали взаимозаменяемы [1, 2, 12, 13].

Сравнительная оценка и выбор типа ульев приводится в работах Гареевой А. М., Ватракшин С. Н.; Смирнов Н. Н.; Налецкого М. М.; Van der Steen, J. J.; Ruiz, J., где авторы оценивают конструктивные особенности ульев, развитие семей, их зимовку, продуктивные качества в условиях разных природно-климатических зонах. [3, 6, 14, 15].

Байрамкулов Дж. Х., Селицкий А. В. обращали внимание, что при выборе того или иного типа улья необходимо учитывать местные нектароносы и климатические условия, а также биологические особенности разводимой породы пчел [2, 8].

Технологические особенности содержания пчел изучены Крутоголовым В. Д.; Мельниковой Е. Н., Мельниковым М. М., Земсковой Н. Е.; Рашидовым Р. Х. Филипповым В. С.; Чучуновым В. А., Радзиевским Е. Б., Коноблей Т. В. Исследователи изучали жизнедеятельность пчелиной семьи в ульях разных типов, условия медосбора, породные особенности пчел, конструктивные особенности типов используемых ульев [4, 5, 7, 9, 10].

Шарипов А., Саттаров В. Н., Тохиров О. Р., изучая на пасеках Таджикистана типы ульев, особенности содержания в них пчел, установили, что от типа улья в значительной степени зависит производительность труда пчеловода, осмотр и расширение

гнезда, погрузка ульев на автотранспорт, скорость разборки, отбор меда. Доказано, что 16-рамочные и 12-рамочные двухкорпусные деревянные ульи, а также ульи-лежаки с межстенным заполнением опилками при зимовке способствуют увеличению весенней активности и темпов развития семей [11].

Цель исследования – дать сравнительную оценку использования ульев различных конструкций в условиях пасек Волгоградской области. В связи с этим задачей проводимых нами исследований явился сравнительный анализ развития, продуктивности, зимовки пчелиных семей в ульях разной конструкции. По окончании исследований дано заключение об экономической целесообразности использования ульев разной конструкции в условиях Волгоградской области.

Материалы и методы. При постановке опыта во время подготовительных операций, обеспечивающих зимовку пчел, были сформированы по методу пар-аналогов 3 группы по 10 семей в каждой группе, которые размещались в ульях 3 разных конструкций (Дадана-Блата, улей-лежак, Рута), все ульи изготовлены из древесины. Выбор данных конструкций обусловлен тем, что они чаще всего используются на пасеках Волгоградской области. В ходе исследования нами изучались следующие показатели: технологические особенности работы с пчелами, содержащимися в ульях разной конструкции, эффективность зимовки пчел, развитие семей весной, продуктивные качества маток, медовая продуктивность семей. По завершении исследований оценена экономическая эффективность содержания пчел в ульях разных типов. Схема проведенных нами исследований представлена на рисунке 1.

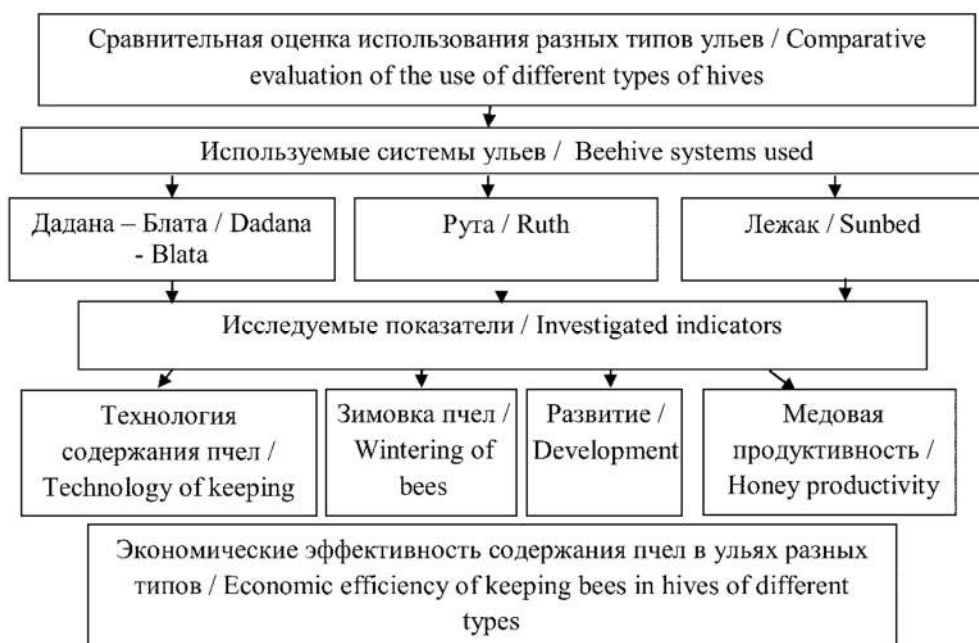


Рисунок 1 – Схема опыта

Figure 1 – Scheme of experience

Улей Дадана-Блата состоит из дна, двух гнездовых корпусов, магазинных надставок, подкрышника, крыши. В каждом корпусе располагается 10 стандартных рамок размером 435 на 300 мм. Улей системы Рута – это днище, 4 корпуса, вмещающих 10 рамок размером 435 на 230 мм, и крыша. Улей-лежак представляет собой корпус, вмещающий 20 стандартных рамок, и крышу, в отличие от двух вышеописанных типов ульев, расширение гнезда происходит по горизонтали.

Технологические операции при работе с семьями в ульях Дадана-Блата после главного взятка и проведения противоварроатозных обработок были направлены на пополнение кормовых запасов (кормили пчел 50 % сахарным сиропом), тем самым провоцировали матку на червление. В октябре формировали полномедными рамками в середине улья будущее гнездо, где пчелы сформируют клуб, при этом при наличии рамок с расплодом их переставляем на периферию нижнего корпуса, а маломедные рамки располагаем в верхнем корпусе, отделив их от основного гнезда брезентовым холстиком, при этом необходимо обеспечить доступ пчелам от гнезда нижнего корпуса к маломедным рамкам для того, чтоб они могли пополнять кормовые запасы гнезда. После понижения температуры окружающего воздуха ниже 0 °С удаляем маломедные рамки и крайние рамки гнезда, не обсиженные пчелами, затем ограничиваем гнездо разделительными диафрагмами, утепления пчел не производим, нижние летки оставляем полностью открытыми, обеспечив защиту от грызунов. Во время зимовки пчел не беспокоим. В конце февраля – начале марта контролируем кормовые запасы, отогнув брезентовый холстик и определив место, занимаемое клубом, при необходимости сверху клуба даем корма в виде канди. При появлении расплода производим утепление гнезда. После первого весеннего очистительного облета и чистки доньев, сокращаем гнездо, удаляя маломедные рамки, и пополняем запасы меда гнезда полномедными рамками, так, чтобы в гнезде было не менее 8-12 кг меда. Вместо брезентовых холстиков под утеплителем укладываем полиэтиленовую пленку, а в свободном верхнем корпусе располагаем несколько маломедных рамок и 2-3 недели не беспокоим пчел, затем контролируем развитие семьи и при необходимости расширяем маломедными рамками или сушью. По мере роста количества молодой пчелы в семье, подставляем вошину, контроль осуществляем каждую неделю. В мае при появлении трутового расплода в большом количестве осуществляем противоварроатозную обработку, при необходимости проводим противороевые мероприятия. Перед наступлением главного взятка перемещаем матку и рамки с закрытым расплодом в нижний корпус, поверх располагаем ганимановскую решётку и устанавливаем второй корпус, в котором располагаем рамки с открытым расплодом, чередуя их рамками с вошиной. Во время главного медосбора на собранных таким образом семьях, для обеспечения более эффективного освоения нектароносов, устанавливаем магазинные надставки или дополнительные корпуса с сушью. Ежедневно ведем контроль количества принесенного нектара, взвешивая на контрольных весах ульи со средней по силе пчелой. По мере запечатывания медовых рамок откачиваем мед.

Работа с семьями в ульях-лежаках заключалась в том, что после медосбора сокращали семью до 10-12 рамок, лечили пчел от клеща Варроа и закармливали пчел в зиму. В середине сентября формировали гнездо в зиму полномедными рамками, а при обнаружении в семьях рамок с расплодом перемещали их на периферию гнезда. В октябре удаляли из гнезда утепление, ограничивали гнездо с двух сторон диафрагмами. После наступления первых заморозков удаляли из гнезда все рамки, не занятые зимним клубом. В конце зимы осматривали гнезда, обращая внимание на расположения клуба в гнезде, наличие кормовых запасов и при необходимости проводили подкормку, при обнаружении расплода в семьях утепляли их. В марте проводили утепление семей с расплодом, а при установлении погодных условий, благоприятных для облета, и после него проводили ревизию всех семей, чистку доньев. При необходимости пополняли кормовые запасы полномедными рамками, при этом сокращая гнездо на 2-3 маломедные рамки, не занятые расплодом. Через три недели убираем диафрагму и сдвигаем рамки к краю улья, а также расширяем гнездо 1-2 маломедными рамками, обращая внимание, чтобы в гнезде было не менее 8-12 кг запасов меда. Каждую неделю контролируем развитие семьи, осматривая крайние рамки и расши-

ря гнездо в зависимости от её силы сушью, а затем и вощиной, при появлении массового трутового расплода проводим противоварроатозные обработки. При наступлении устойчивого взятка заполняем улей сушью, а для того чтоб матка не откладывала яйца в медовых сотах увеличиваем ширину улочки до 1,8-2,2 мм. По мере заполнения рамок медом проводим их отбор и откачку, заменяя их сушью.

При работе с семьями в ульях системы Рута после основного медосбора убираем все медовые корпуса, оставляя семью в 2-х корпусах, проводя лечебные мероприятия, закармливаем пчел в зиму. В сентябре верхний корпус формируем полномедными рамками, а в нижнем располагаются рамки с расплодом, и таким образом сформированные семья зимуют. Весной производим чистку доньев и сокращаем гнездо, убрав нижний корпус, при этом семья занимает 1 корпус, контролируем количество запасов меда и утепляем гнездо, через 3 недели производим следующий контроль развития семьи и при наличии 6 и более рамок расплода устанавливаем второй корпус, укомплектованный маломедными рамками и сушью. Через 2-3 недели меняем корпуса местами, верхний с разновозрастным расплодом размещаем на днище, а нижний корпус с частично вышедшим расплодом размещаем сверху нижнего корпуса, через 2 - 3 недели повторяем предыдущую операцию. Таким образом, нарастив силу семей к главному взятку, размещаем над вторым корпусом через ганемановскую решетку, корпус для сбора меда, оснащенный сушью чередующиеся рамками с вощиной, по освоению данного корпуса вразрез между вторым и третьим корпусом для сбора меда ставится следующий корпус, по мере заполнения рамок медом производим их откачку. Критерии отбора семей в опытные и контрольные группы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели отбора семей в группы для исследования

Table 1 – Indicators of the selection of families into groups for the study

Тип улья / Type of hive	Возраст матки, лет / Age of the uterus, years	Медовая продуктивность за прошлый год (товарного меда), кг / Honey productivity over the past year (commercial honey), kg	Количество рамок с пчелами, пошедшими на зимовку (в пересчете на стандартную рамку) / The number of frames with bees that have gone to winter (in terms of a standard frame)
Дадана – Блата / Dadana - Blata	1,5±0,17	22,5±1,89	7,2±0,16
Лежак / Sunbed	1,5±0,17	21,9±2,12	7,2±0,16
Рута / Ruth	1,5±0,17	23,4±1,97	7,2±0,16

Семьи, отобранные методом пар-аналогов, характеризовались следующими показателями: количество рамок полностью обсиженными пчелами составляло в обеих группах 7,2 стандартных рамок, средний возраст матки – 1,5 года, при этом в гнезда занимали от 6 до 8 гнездовых рамок. Медовая продуктивность за год, предшествующий опыту, составляла от 21,9 до 23,4 кг меда.

Результаты и обсуждение. Зимовка пчел осуществлялась в условиях улицы без всякого утепления, и лишь в конце зимы или ранней весны (при появлении расплода) проводили при необходимости подкормку и утепления гнезда. Оцениваемые показатели зимовки пчел представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 видно, что в зиму группы пчелиных семей в разных типах ульев уходили одинаковой силы, при весенней ревизии отмечали «проседание» семей от 0,9 до 1,4 стандартных рамок. Наибольшие потери пчел – 19,4 % – были в ульях системы Рута, а наименьшие – в ульях-лежаках, потери в которых составляли 12,5 %.

Таблица 2 – Оценка качества зимовки пчел

Table 2 – Assessment of the quality of wintering bees

Тип улья / Type of hive	Количество рамок с пчелами, пошедшими на зимовку (в пересчете на стандартную дадановскую рамку) / The number of frames with bees that have gone to winter (in terms of the standard Dadanov frame)	Количество рамок с пчелами, вышедшими из зимовки (в пересчете на стандартную дадановскую рамку) / The number of frames with bees that have come out of the wintering (in terms of the standard Dadanov frame)	% отхода / % waste
Дадана-Блата / Dadana-Blata	7,2±0,16	6,1±0,35	15,3
Лежак / Sunbed	7,2±0,16	6,3±0,21	12,5
Рута / Ruth	7,2±0,16	5,8±0,26	19,4

Показатели развития пчелиной семьи в течение сезона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Развитие пчелиной семьи

Table 3 – Development of the bee family

Тип улья / Type of hive	Дата / Date	Сила семьи, улочка / The power of the family, the street	Среднесуточная яйценоскость матки, шт. / Average daily egg production of the uterus, pcs.
1	2	3	4
март			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	20	6,1±0,35	-
Лежак / Sunbed	20	6,3±0,21	-
Рута / Ruth	20	5,8±0,26	-
Дадана-Блата / Dadana-Blata	27	6,0±0,21	-
Лежак / Sunbed	27	6,2±0,18	-
Рута / Ruth	27	5,8±0,19	-
апрель			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	5	6,3±0,21	-
Лежак / Sunbed	5	6,3±0,17	-
Рута / Ruth	5	6,2±0,19	-
Дадана-Блата / Dadana-Blata	16	8,1±0,35	431,0±21,13
Лежак / Sunbed	16	7,6±0,42	421,6±28,13
Рута / Ruth	16	8,4±0,28	504,5±25,06
май			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	1	9,9±0,43	653,1±28,36
Лежак / Sunbed	1	9,6±0,48	578,9±24,53
Рута / Ruth	1	10,5±0,36	723,4±21,16
Дадана-Блата / Dadana-Blata	12	12,3±0,51	891,4±28,43
Лежак / Sunbed	12	11,7±0,36	923,5±32,79
Рута / Ruth	12	13,5±0,47	1047,7±27,69
Дадана-Блата / Dadana-Blata	26	15,3±0,49	1586,6±23,19
Лежак / Sunbed	26	14,5±0,46	1508,3±22,48
Рута / Ruth	26	16,8±0,43	1622,5±31,14
июнь			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	4	17,6±0,43	1658,4±21,08
Лежак / Sunbed	4	15,2±0,40	1593,6±48,43
Рута / Ruth	4	18,4±0,40	1769,1±24,29
Дадана-Блата / Dadana-Blata	20	14,3±0,3	1608,9±20,91

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Лежак / Sunbed	20	12,1±0,27	1538,5±43,12
Рута / Ruth	20	15,9±0,41	1659,3±29,07
июль			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	18	12,9±0,35	-
Лежак / Sunbed	18	11,6±0,23	-
Рута / Ruth	18	12,7±0,27	-
август			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	7	11,6±0,34	-
Лежак / Sunbed	7	11,0±0,24	-
Рута / Ruth	7	12,7±0,22	-
Дадана-Блата / Dadana-Blata	28	10,1±0,31	722,6±23,09
Лежак / Sunbed	28	9,9±0,19	659,9±16,15
Рута / Ruth	28	10,9±0,33	498,7±34,95
октябрь			
Дадана-Блата / Dadana-Blata	26	7,6±0,16	0
Лежак / Sunbed	26	7,5±0,22	0
Рута / Ruth	26	7,2±0,18	0

По данным таблицы 3, характеризующим развитие семей пчел в течение сезона, видно, что весной лучше развивались семьи в ульях системы Рута, хотя следует отметить, что зимовка у них была не самой лучшей. Максимальное развитие семьи достигли к началу июня, а затем произошло достаточно резкое снижение численности пчел, что связано с изнашиванием пчелы в процессе медосбора, когда количество народившейся молодой пчелы не восполняет количество отошедшей пчелы. Эта же тенденция прослеживается и по количеству яиц, откладываемых маткой, по мере приноса нектара происходило наращивание силы семьи и к главному взятку достигло своего максимума, а уже к концу июня по окончании взяточного периода, матки начали сокращать яйцекладку, а к концу октября матки всех семей полностью прекратили откладывать яйца, а в большинстве семей отсутствовал даже закрытый расплод. К зиме пчелы в ульях системы Рута и Дадана -Блата создали более сильные семьи, некоторые из которых обсиживали по 8-9 гнездовых рамок (в расчете на стандартную раку Дадана), разница по количеству полностью обсиженных пчелами рамок в ульях разных типов составляла 0,4.

Медовая продуктивность семей контрольной и опытной групп приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Продуктивность пчел / Table 4 – Productivity of bees

Тип улья / Type of hive	Количество стандартных соторамок с медом, шт. / Number of standard honeycomb boxes with honey, pcs.	Получено всего меда, кг / Total honey received, kg	Получено товарного меда, кг / Received commercial honey, kg
Дадана-Блата / Dadana-Blata	8,7±0,88	33,06±3,48	22,2±3,09
Лежак / Sunbed	6,4±0,52	24,32±3,21	12,8±2,79
Рута / Ruth	10,9±0,69	43,7±4,02	25,4±3,52

Оценивая медовую продуктивность пчел за сезон, отмечаем, что наибольшее количество меда было получено в семьях, содержащихся в ульях Рута – 33,06 кг, от них же больше получили и товарного меда, наименьшее количество меда было получено в ульях-лежаках – 24,32 кг.

По окончании наших исследований была рассчитана сравнительная экономическая эффективность производства меда в ульях разных типов. Результаты расчётов приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Экономическая эффективность производства меда в ульях разных типов

Table 5 – Economic efficiency of honey production in hives of different types

Показатель / Indicator	Тип улья / Type of hive		
	Дадана-Блата / Dadana-Blata	Лежак / Sunbed	Рута / Ruth
Цена реализации за кг, руб. / Selling price per kg, rub.	350	350	350
Полные издержки, руб. / Total costs, rub.	251	268	236
Прибыль на 1 кг, руб. / Profit per 1 kg, rub.	99	82	114
Получено товарного меда с 1 семьи, кг / Received commercial honey from 1 family, kg	22,2	12,8	25,4
Прибыль в расчете на 1 семью, руб. / Profit per 1 family, rub.	2197,8	1433,6	2895,6
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	39,44	30,59	48,31

Оценивая экономическую эффективность производства меда в разных типах ульев, отмечали, что при цене реализации 350 рублей за килограмм полные издержки составляли от 236 рублей в ульях системы Рута до 268 рублей в ульях лежаках. Уровень рентабельности производства меда пчелиными семьями был выше в ульях системы Рута и составлял 48,31 %, в то время как в ульях Дадана-Блата и ульях-лежаках он составлял 39,44 и 30,59 % соответственно. Наибольшую прибыль с семьи получили в ульях Рута 2895,6 рублей, а наименьшую – в ульях-лежаках – 1433,6 руб.

Выводы. Сравнительное изучение технологических особенностей содержания пчел, их развития в течение сезона, зимовки, медовой продуктивности, экономических показателей в ульях разных типов, изготовленных из древесины, в условиях Волгоградской области позволило установить, что лучшее развитие семей в течение сезона наблюдалось в ульях системы Рута, в них же матки откладывали больше яиц. Следует также отметить, что в ульях этой системы хуже всего протекала зимовка, и если зимует слабая семья, то она может и погибнуть. Медовая продуктивность и уровень рентабельности производства меда также были выше в семьях, содержащихся в ульях Рута.

Библиографический список

1. Астафьев Н. П. И. Прокопович о способах содержания пчел // Пчеловодство. 2021. № 1. С. 60-61.
2. Байрамкулов Дж. Х. Двустенные ульи // Пчеловодство. 2020. № 5. С. 42-43.
3. Гареева А. М., Ватрашкин С. Н. Сравнительная оценка содержания пчелиных семей в ульях различных типов // Современные тенденции развития науки и технологий Уфа. 2016. № 8. С. 39-42.
4. Крутоголов В. Д. Технология содержания пчел // Пчеловодство. 2014. № 3. С. 30-32.
5. Мельникова Е. Н., Мельников М. М., Земскова Н. Е. Содержание пчел в условиях лесостепной зоны Самарской области // Пчеловодство. 2019. № 2. С. 12-13.
6. Налецкий М. М. Содержание пчел в многокорпусных ульях // Пчеловодство. 2014. № 8. С. 37-40.
7. Рашидов Р. Х. Многокорпусные ульи на рамку 435 X 145 мм // Пчеловодство. 2019. № 4. С. 42-43.
8. Селицкий А. В. Содержание пчел в двухкорпусном // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 45-47.
9. Филиппов В. С. Содержание пчел в теплых ульях // Пчеловодство. 2020. № 4. С. 36-39.
10. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Коноблеи Т. В. Организация лечебных мероприятий в органическом пчеловодстве при варроатозе // Пчеловодство. 2021. № 4. С. 26-28.
11. Шарипов А., Саттаров В. Н., Тохиров О. Р. Производство меда в различных типах ульев в республике Таджикистан // Пчеловодство. 2020. № 5. С. 60-62.

12. Яблунчанский В. Усовершенствованные зимние ульи // Пчеловодство. 2020. № 7. С. 32-34.
13. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova, A. N. Kucher, O. L. Konusova, T. N. Kireeva, I. V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74. № 5. P. 771-781.
14. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90. № 3. P. 61-63.
15. Van der Steen J. J., Kraker de J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725>; e-mail: chuchunov.78@mail.ru

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26.), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045>; e-mail: yenia79@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.) доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, e-mail: vzlepkin@mail.ru

Коноблея Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, e-mail: oziola@mail.ru

Любименко Григорий Геннадьевич, ассистент «Институт МИТ» ФГАОУ ВО «Волгоградский ГУ» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 100.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-9299> e-mail: zeref1703chess@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-44

THE USE OF ADAPTOGENS IN THE FEEDING OF FIRST-CALF COWS AND THEIR EFFECT ON DAIRY PRODUCTIVITY

O.V. Krupina, I.M. Khabibullin, I.V. Mironova, R.M.Khabibullin

*Bashkir State Agrarian University, Ufa
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

Received 27.06.2022

Submitted 31.08.2022

Abstract

Introduction. In competitive relations between producers, it is necessary to increase milk productivity and improve the quality of milk against the background of reducing its cost. In order to fully realize the adaptive, productive and reproductive potentials of animals when changing feeds, rearranging and moving animals, and eliminating metabolic disorders, it is advisable to additionally introduce adaptogens, which do not always come in the required amount with the main diet. Thus, the study of the condition of animals when using adaptogens of plant and animal origin in their feeding is relevant.

Object. The research was organized in the Republic of Bashkortostan of the Russian Federation (Limited Liability Company «Agro-Alliance», Chishminsky District). The experiment involved 40 first-calf cows of the Black-and-White breed, which were divided into 4 groups and the same conditions were created for them. **Materials and methods.** Adaptogens of plant nature (safflower leuzea) and animal nature (drone homogenate and pantocrine) were studied, which were administered in the form of ready-made tinctures in an amount of 0.01 ml per 1 kg of animal body weight, followed by dissolution of the calculated volume in 200 ml of water. The drugs were given cyclically for two weeks with a similar break. The balance of the diet was carried out in the program according to the periods of

maintenance. On the basis of monthly control milkings, milk productivity for 100 and 305 days of lactation was taken into account, the average daily milk yield, the coefficients of milk production, stability and fullness of lactation, the physico-chemical composition of milk were determined by general technical methods and mathematical statistical processing. **Results and conclusions.** The results of the evaluation of milk productivity showed that against the background of the use of leuzea, the value of milk yield for 305 days of lactation increased by 312 kg (5.61%; $P < 0.05$), drone homogenate – by 726.1 kg (13.04%; $P < 0.001$), pantocrine – by 494.4 kg (8.88%; $P < 0.001$). The greatest nutritional, biological and energy value was characterized by milk obtained from cows, in whose diet drone homogenate was introduced. Thus, the results of complex studies indicate the effectiveness of introducing adaptogens of both plant and animal nature into the diet, but the best effect is obtained from the use of drone homogenate.

Keywords: *first-calf heifers, adaptogen, leuzea, drone homogenate, pantocrine, productivity, milk composition.*

Citation. Krupina O.V., Khabibullin I.M., Mironova I.V., Khabibullin R.M. The use of adaptogens in the feeding of first-calf cows and their effect on dairy productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 388-394 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-44.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.2.055.086/.087:637.12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТОГЕНОВ В КОРМЛЕНИИ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

О. В. Крупина¹, аспирант

И. М. Хабибуллин¹, аспирант

И. В. Миронова^{1,2}, доктор биологических наук, профессор,

Р. М. Хабибуллин¹, кандидат биологических наук, доцент

¹Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Дата поступления в редакцию 27.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Актуальность. В конкурентных отношениях между производителями следует повышать молочную продуктивность и улучшать качество молока на фоне снижения его себестоимости. Для полной реализации адаптивного, продуктивного и репродуктивного потенциалов животных при смене кормов, перегруппировке и перемещении животных и исключении метаболических нарушений целесообразно дополнительно вводить адаптогены, которые не всегда в необходимом количестве поступают с основным рационом. Таким образом, изучение состояния животных при применении адаптогенов растительного и животного происхождения в их кормлении является актуальным. **Объекты.** Проведение исследований было организовано в Республике Башкортостан Российской Федерации (ООО «Агро-Альянс», Чишминский район). В опыте участвовали 40 коров-первотелок черно-пестрой породы, которых разделили на 4 группы. Были созданы одинаковые условия их содержания. **Материалы и методы.** Изучению подвергали адаптогены растительной природы (левзея сафлоровидная) и животной природы (трутневый гомогенат и пантокрин), которые вводили в виде готовых настоек в количестве 0,01 мл на 1 кг массы тела животного с последующим растворением рассчитанного объема в 200 мл воды. Дача препаратов осуществлялась циклично в течение двух недель с аналогичным перерывом. Баланс рациона проводился в программе по периодам содержания. На основании ежемесячных контрольных доек в зачет брали молочную продуктивность за 100 и 305 дней лактации, определяли среднесуточный удой, коэффициенты молочности, устойчивости и полноценности лактации, физико-химический состав молока общезоотехническими методами и математической

статистической обработкой. **Результаты и выводы.** Результаты оценки молочной продуктивности показали, что на фоне применения левзеи величина удоя за 305 дней лактации повысилась на 312 кг (5,61 %; $P \leq 0,05$), трутневого гомогената – на 726,1 кг (13,04 %; $P \leq 0,001$), пантокрина – на 494,4 кг (8,88 %; $P \leq 0,001$). Наибольшей пищевой, биологической и энергетической ценностью характеризовалось молоко, полученное от коров, в рацион которых вводили трутневый гомогенат. Таким образом, результаты комплексных исследований свидетельствуют об эффективности введения в рацион адаптогенов как растительной, так и животной природы, но наилучший эффект получен от использования трутневого гомогената.

Ключевые слова: коровы-первотелки, адаптогены, левзея, трутневый гомогенат, пантокрин, продуктивность коров-первотелок.

Цитирование. Крупина О. В., Хабибуллин И. М., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М. Использование адаптогенов в кормлении коров-первотелок и их влияние на молочную продуктивность. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 388-394. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Средняя численность коров в мире достигает миллиарда голов. И если говядину можно заменить на свинину, баранину или птицу, то молоко произвести без коров практически невозможно. Кроме того, существует ряд пород универсального направления продуктивности, в числе которых и черно-пестрая, выведенная в СССР. В России она достаточно популярна, занимает третье место по численности. В условиях промышленного содержания животных важно создавать и поддерживать прочную кормовую базу, производить балансирование рационов, прибегая к более доступным способам, позволяющим снижать экономические затраты на единицу продукции [2, 3, 5, 9].

В настоящее время к адаптогенам относятся биологически активные вещества, которые оказывают стимулирующее действие на организм и повышают его сопротивляемость вредным воздействиям [6, 7, 10].

По данным ряда исследователей адаптогенными свойствами обладают растения, включая препарат из левзеи сафлоровидной, а также препараты, изготовленные из продуктов животного происхождения – рогов марала. Активными адаптогенами являются также и продукты пчеловодства, которые положительно влияют на рост, развитие организма животных и их продуктивность [1, 2, 4, 8].

Материалы и методы. Условия проведения исследований: Республика Башкортостан Российской Федерации (ООО «Агро-Альянс», Чишминский район). Условия содержания всех животных были одинаковыми.

Период проведения эксперимента на коровах-первотелках – с ноября 2019 по сентябрь 2021 г.

Объекты исследования: 40 коров-первотелок черно-пестрой породы. Все животные были разделены по 4 группы по 10 животных в каждой по принципу групп-аналогов, которым присвоены номера I группа (контрольная), II, III и IV группы (опытные).

Материал проведения эксперимента: адаптогены растительной природы (левзея сафлоровидная) и животной природы (трутневый гомогенат и пантокрин). Изучаемые компоненты вводили в виде готовых спиртовых настоек, норму введения которых определяли из расчета 0,01 мл на 1 кг массы тела животного. Рассчитанный объем растворяли в 200 мл воды и задавали животным с питьем в утренние часы. Тестируемые препараты задавали в течение двух недель с перерывами в две недели.

Методы исследования: прежде чем начать основной этап проведения опыта, был организован подготовительный период длительностью 1 мес. для достижения однородности групп. Рационы кормления составляли по детализированным нормам кормления, по питательности они были сходными для всех групп животных. Рационы составлялись исходя из физиологического состояния животных, качества корма, уровня мясной и молочной продуктивности и периодически корректировались. Балансирование состава рационом осуществлялось в программе, предназначенной для расчета его питательности, планирования заготовок и расхода кормов для различных периодов их содержания.

Молочную продуктивность первотелок черно-пестрой породы учитывали за 100 и 305 дней лактации по результатам ежемесячных контрольных доек. По данным среднесуточного удоя были построены лактационные кривые коров контрольной и опытной групп, рассчитан коэффициент молочности, учитывающий удой за лактацию (305 суток) и живую массу коров, а также коэффициенты устойчивости и полноценности лактации.

Состав молока анализировали физико-химическими методами в отобранных пробах молока на предмет содержания жира – кислотным методом Гербера, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) – рефрактометрическим способом, лактозы – фотоэлектроколориметическим методом, энергетическую ценность – расчетом по формуле ВИЖа. В целом использовали общезоотехнические исследовательские методы. Результаты экспериментальных данных подвергали математической статистической обработке по трем уровням вероятности P , согласно таблице Стьюдента.

Животные обслуживались по инструкциям и рекомендациям Russian Regulations, а также Washington. В ходе исследований были предприняты усилия для минимального страдания животных и наименьшего числа используемых образцов.

Результаты и обсуждение. Влияние адаптогенов на молочную продуктивность коров-первотелок черно-пестрой породы. Начальный период лактации (100 сут) сопровождается активным расходом резервов питательных веществ организма на синтез молока и при их недостатке возможно снижение продуктивности. Таким образом, можно уже в начальный период лактации дать прогноз сбалансированности рациона по всем контролируемым веществам.

Анализ данных молочной продуктивности как за 100, так и за 305-суточный период лактации свидетельствует о повышении данных показателей в группах животных, потребляющих адаптогены. У контрольных животных показатели были соответственно на уровне 2490 кг и 5566,2 кг.

Первое значение у животных II, III и IV опытных групп стало выше, чем у сверстниц I (контрольной группы) на 36,1 кг (1,45 %); 94,4 кг (3,79 %; $P \leq 0,05$); 60,1 кг (2,41 %), второго – на 312,0 кг (5,61 %; $P \leq 0,05$); 726,1 кг (12,04 %; $P \leq 0,001$) и 494,4 кг (8,88 %; $P \leq 0,001$).

Наивысший удой, в том числе и среднесуточный (19,25 кг), был у первотелок, потребляющих адаптоген трутневых гомогенат из расчета 0,01 мл на 1 кг живой массы.

Для установления направленности в течение обменных процессов у коров рассчитывали коэффициент молочности, характеризующий массу произведенного молока на каждые 100 кг живой массы. Данный показатель косвенно определяет конституциональную направленность животных.

Расчет показал, что все животные обладали высоким коэффициентом молочности, что указывает на выраженный молочный тип коров-первотелок, участвующих в опыте. У контрольных сверстниц коэффициент молочности достигал значений 1165,95 кг, что ниже, чем у опытных аналогов на 33,84-101,92 кг (2,90-8,04 %; $P < 0,05-0,001$).

Для установления пика продуктивности в ходе лактационной деятельности коров в ходе эксперимента оценивали среднесуточный удой черно-пестрых коров-первотелок (рисунок 1).

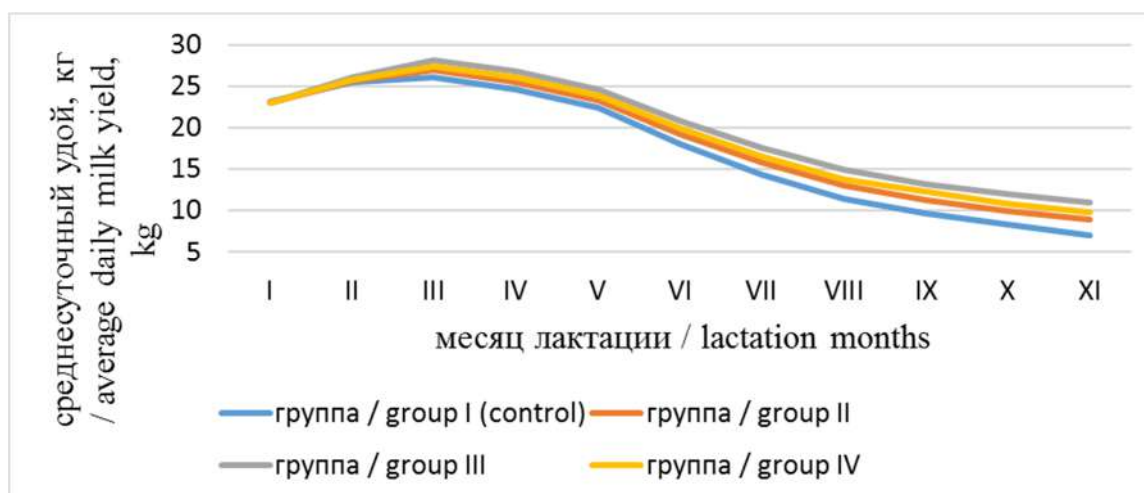


Рисунок 1 – Среднесуточный удой коров по месяцам лактации, кг

Figure 1 – Average daily milk yield of cows by months of lactation, kg

Данные графика свидетельствуют об увеличении удоя к третьему месяцу лактации с плавным его снижением вплоть до конца эксперимента, что, в принципе, физиологически обусловлено. У животных I группы максимальный среднесуточный удой к данному периоду достиг 26,14 кг, что ниже, чем у сверстниц II, III и IV опытных групп, на 0,76 кг (2,91 %); 1,99 кг (7,61 %; $P \leq 0,01$) и 1,32 кг (5,05 %; $P \leq 0,05$), соответственно. Таким образом, период раздоя у животных контрольной группы протекал менее интенсивно, чем у опытных животных, что указывает на активизацию обменных процессов в организме первотелок опытных групп, потребляющих на фоне основного рациона адаптогены.

Важно в период второй фазы лактации как можно дольше сохранить пик молочной продуктивности у животных, несмотря на то что середина лактации закономерно сопровождается ее падением. Замечено, что более плавное снижение среднесуточного удоя во вторую фазу лактации отмечалось у животных II, III и IV опытных групп, а третья фаза снижения продуктивности у всех животных была аналогичной второй.

Для объективной оценки лактационной деятельности животных прибегают к анализу коэффициентов устойчивости лактации и показателю полноценности лактации, характеризующие степень ее выравниваемости (таблица 1).

Таблица 1 – Лактационные коэффициенты коров-первотелок, % ($X \pm S_x$)

Table 1 – Lactation coefficients of first-calf cows, % ($X \pm S_x$)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	I	II	III	IV
Коэффициент устойчивости лактации / Lactation stability coefficient	86,9±0,84	89,7±0,98**	93,6±1,04***	91,5±0,88***
Коэффициент полноценности лактации / The coefficient of fullness of lactation	69,7±0,43	71,5±0,45**	73,3±0,45***	72,4±0,44***

Данные таблицы подтверждают ранее выдвинутое предположение о лучшем проявлении лактационной деятельности у коров на фоне потребления адаптогенов. Так, максимальное значение коэффициента устойчивости лактации было у животных, потребляющих адаптоген трутневый гомогенат, составив 93,6 %, что выше по сравнению со сверстницами I группы на 6,7 % ($P < 0,001$). Сравнительный анализ данных контрольных животных с опытными аналогами II и IV групп указывает на превосходство последних 2,8 % ($P < 0,01$) и 4,6 % ($P < 0,001$).

По коэффициенту полноценности лактации межгрупповое распределение осталось прежним. У животных II-IV групп изучаемый показатель повысился относительно контрольных сверстниц на 1,8-3,6 % ($P < 0,01-0,001$).

Таким образом, комплексный анализ данных молочной продуктивности коров-первотелок черно-пестрой породы свидетельствует, что при потреблении адаптогенов как растительной, так и животной природы лактация животных интенсифицируется, характеризуется постоянством и полноценностью. Наилучший эффект проявился при введении трутневого гомогената животным III опытной группы.

Исследованию подвергали молоко, отобранное общепринятыми методами от коров, потребляющих основной рацион и адаптогены. При обогащении рациона коров-первотелок адаптогенами было выявлено положительное влияние на состав и свойства молока (рисунок 2).

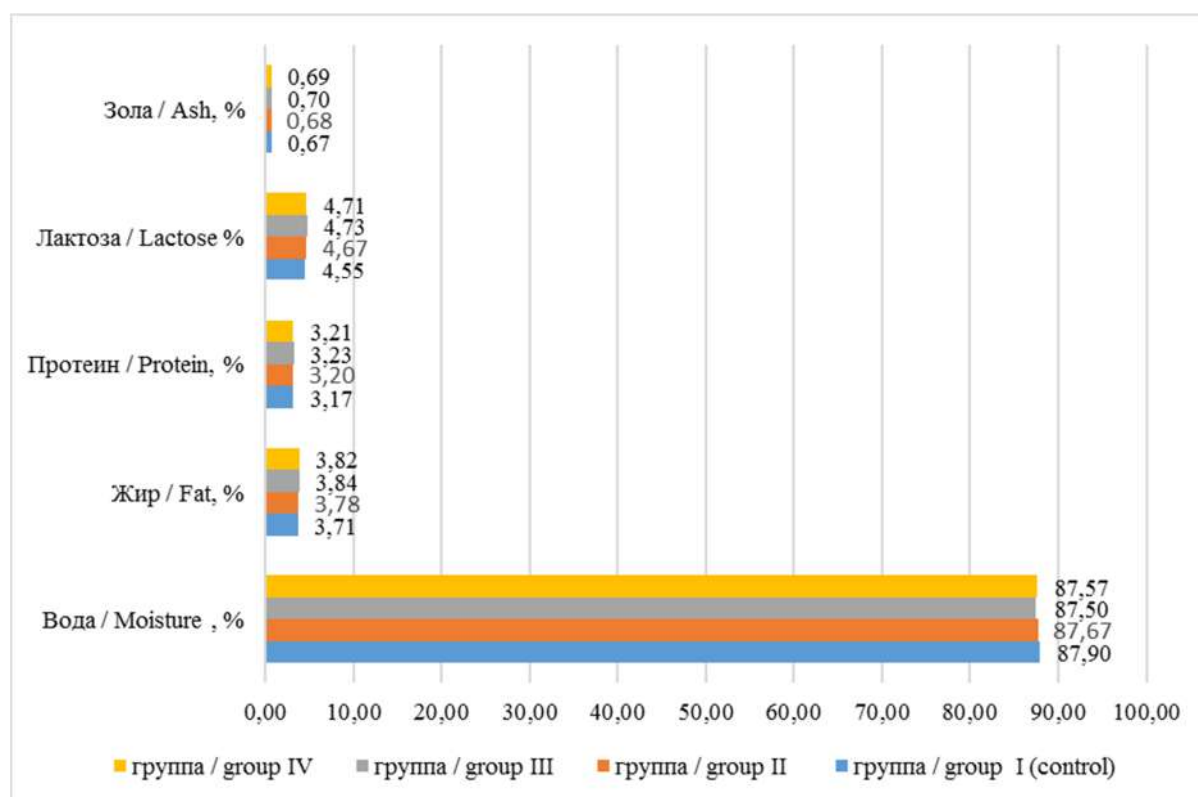


Рисунок 2 – Химический состав молока коров-первотелок черно-пестрой породы

Figure 2 – Chemical composition of milk of first-born cows of black-and-white breed

Белок молока является важнейшим защитным фактором, способным нейтрализовать вредные для здоровья вещества, он содержался во всех пробах молока в достаточном количестве. При этом его содержание в молоке животных опытных групп (II, III и IV) повысилось относительно контрольного образца на 0,03 %; 0,06 % и 0,04 % соответственно, при недостоверной разнице.

Молочный жир способен повысить биологическую ценность молока. В нашем эксперименте на фоне применения адаптогенов его доля повысилась на 0,07-0,13 % ($P \leq 0,05-0,01$).

Молочный сахар (лактоза) – единственный представитель из группы углеводов, присутствующий в молоке. Ее концентрация была выше в опытных образцах молока, достоверно ($P \leq 0,05$) превосходя контроль на 0,12-0,18 %.

Повышение содержания основных питательных веществ в молоке коров-первотелок опытных групп отразилось и на энергетической ценности. Максимальная энергетическая ценность отмечается в молоке коров, потребляющих трутневый гомогенат, составив 73,57 ккал, что выше, чем в контрольном образце, на 2,24 ккал (3,14 %; $P \leq 0,001$).

Выводы. Данные проведенных исследований позволили определить максимально эффективный вид адаптогена, используемого в составе рациона коров-первотелок. По результатам оценки качества молока черно-пестрых коров-первотелок можно сделать вывод, что обогащение их рационов адаптогенами является эффективным. У коров-первотелок черно-пестрой породы отмечается активизация лактационной деятельности, достигая удой за 305 дней лактации 6292,3 кг, сухого вещества в молоке 12,5 %, в том числе белка 3,23 %.

Библиографический список

1. Гришина Ж. В., Генгин М. Т. Исследование белков и пептидов в личинках трутневого расплода на разных стадиях развития // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2016. № 3 (15). С. 57-63.
2. Характеристика генофондов российских мясных пород крупного рогатого скота с использованием межмикросателлитного анализа ДНК (ISSR-АНАЛИЗ) / Г. Е. Сулимова [и др.] // Генетика. 2016. Т. 52. № 9. С. 1081-1088.
3. Харламов В. А., Харламов А. В., Завьялов О. А. Эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы, полученных в разные сезоны года // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 2 (80). С. 53-57.
4. Червяков Д. Э., Луцук С. Н., Ерко К. В. Трутневый гомогенат для повышения резистентности организма животных // Пчеловодство. 2019. № 10. С. 52-53.
5. Carbohydrate metabolism and milk productivity of Holstein cows when cobalt nanopowder is introduced into the diet / P. M. Makarov [et al.] // Zootekhnika. 2017. No 6. P. 25-28.
6. Effect of bio-preparation on physiological status of dry cows / O. Gorelik [et al.] // International IJITEE. 2019. № 8 (7). P. 559-562.
7. Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers / Y. R. Xie [et al.] // Meat Sci. 1996. No 43. P. 167-177.
8. Locusta migratoria extruded meal in young steers diet: evaluation of growth performance, blood indices and meat traits of calves kasakh white-headed breed / I. F. Gorlov [et al.] // Journal of Applied Animal Research. 2020. V. 48. № 1. P. 348-356.
9. New synbiotic-mineral complex in lactating cows diets to improve their productivity and milk composition / I. F. Gorlov [et al.] // IJAS. 2020. No 10 (1). P. 31-43.
10. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe system / Z. Wang [et al.] // J. Anim. Sci. 2006. Vol. 84 (9). Pp. 2289-2298.

Информация об авторах

Крупина Оксана Васильевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» Уфа, 450001, ул. 50-летия Октября, 34, oksanamitya@yandex.ru

Хабибуллин Ильвир Муллахметович, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» Уфа, 450001, ул. 50-летия Октября, 34, ruzel-msmk@bk.ru

Миронова Ирина Валерьевна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Уфа, 450001, ул. 50-летия Октября, 34, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, 450064, ул. Космонавтов 1, mironova_irina-v@mail.ru

Хабибуллин Рузель Муллахметович, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Уфа, 450001, ул. 50-летия Октября, 34, ruzel-msmk@bk.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-45

ANALYTICAL DETERMINATION OF THE CONDITIONS FOR COMBINING SEED NESTS AND HYDROGEL BY THE DEVELOPED SEED DRILL WHEN CULTIVATING SOYBEANS, PUMPKINS AND WATERMELONS ON IRRIGATION

V.A. Tseplyaev¹, A.N. Tseplyaev²,
S.I. Bogdanov¹, A.M. Magomedov¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 16.03.2022

Submitted 08.07.2022

Abstract

Introduction. The solution to the problem of insufficient moisture supply to plants can be the introduction of hydrogel granules capable of accumulating and giving moisture to plants with its subsequent decrease in the soil to certain values, simultaneously with sowing. The specified property of the copolymer, which is a hydrogel, improves the dynamics of plant development, allows plants to “survive” the dry period, and during irrigation, reduce the number of irrigations and, accordingly, water consumption. However, for effective local application of granules, it is necessary to apply them in the immediate vicinity of the seeds with various sowing methods. **The purpose of the work** is to study of the conditions for combining seed nests and hydrogel. **Materials and methods.** For the simultaneous application of hydrogel granules and sowing seeds of soybeans, pumpkins and watermelons in irrigation, a seeder section was developed. The conditions for combining seed nests and hydrogel were analytically determined when cultivating soybeans, pumpkins, and watermelons on irrigation. **Results and conclusions.** Based on the results, a program was obtained for determining the limit values, presented in the study in the form of a flowchart and graph.

Key words: seed drill section, hydrogel granules, irrigation sowing, determination of seed and hydrogel nests, pumpkin sowing, soybean sowing, watermelon sowing.

Citation. Tseplyaev V.A., Tseplyaev A.N., Bogdanov S.I., Magomedov A.M. Analytical determination of the conditions for combining seed nests and hydrogel by the developed seed drill when cultivating soybeans, pumpkins and watermelons on irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 395-404 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-45.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in its planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.33.024.2

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ СОВМЕЩЕНИЯ ГНЕЗД СЕМЯН И ГИДРОГЕЛЯ РАЗРАБОТАННОЙ СЕЯЛКОЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ, ТЫКВ И АРБУЗОВ НА ОРОШЕНИИ

В. А. Цепляев¹, кандидат технических наук, доцент
А. Н. Цепляев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. И. Богданов¹, кандидат технических наук, доцент
А. М. Магомедов¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 16.03.2022

Дата принятия к печати 08.07.2022

Актуальность. Решением проблемы недостаточной влагообеспеченности растений может стать внесение гранул гидрогеля, способных накапливать и отдавать влагу растениям при последующем ее снижении в почве до определенных значений, одновременно с посевом. Ука-

званное свойство сополимера, которым является гидрогель, улучшает динамику развития растений, позволяет растениям «пережить» засушливый период, а при орошении снизить количество поливов и соответственно расход воды. Однако для эффективного местного применения гранул необходимо вносить их в непосредственной близости от семян при различных способах посева. **Цель работы** – изучение условий совмещения гнезд семян и гидрогеля. **Материалы и методы.** Для одновременного внесения гранул гидрогеля и посева семян сои, тыкв и арбуза на орошении была разработана секция сеялки. Аналитически определялись условия совмещения гнезд семян и гидрогеля при возделывании сои, тыквы, арбуза на орошении. **Результаты и выводы.** По результатам была получена программа для определения предельных значений, представленная в исследовании в виде блок-схемы и графика.

Ключевые слова: секции сеялки, гранулы гидрогеля, посев на орошении, определение гнезд семян и гидрогеля, посев тыквы, посев сои, посев арбузов.

Цитирование. Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Богданов С. И., Магомедов А. М. Аналитическое определение условия совмещения гнезд семян и гидрогеля при возделывании сои, тыкв и арбузов на орошении. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 395-404. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-45.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в его планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При возделывании сельскохозяйственных культур на орошении одним из основных показателей, наряду с урожайностью, качеством продукции и т.д., является расход воды [2, 4]. Его снижение позволит существенно уменьшить себестоимость продукции, снизить показатели засоления почв и улучшить ее структуру. В связи с развитием мясного и молочного животноводства в Волгоградской области одними из приоритетных кормовых культур является соя и бахчевые (тыква, продовольственный и кормовой арбузы и т.д.). Соя – один из основных источников белка, бахчевые культуры оказывают активное влияние на продуктивность молочных коров [3, 11]. При возделывании сои и арбузов на орошении расход воды составляет от 2,5 до 3,5 тыс. м³ на 1 га [5]. Снижение расхода воды можно добиться за счет применения адсорбирующих веществ, в частности гидрогеля [6].

Во многих исследованиях отмечена положительная роль гидрогеля для всходов растений [1]. Гранулы гидрогеля представляют собой твердые дозированные субстраты, спрессованные в виде крупинки шарообразной, неправильно кубической или цилиндрической формы. Главной особенностью гидрогеля является быстрая способность впитывать влагу и растворенные в ней полезные для растений вещества. В засушливом климате насыщенные гранулы, внесенные в почву, будут играть важную роль в росте и развитии всходов растений. Развивающаяся корневая система в почве «находит» внесенный гидрогель и обеспечивает растения влагой и питательными веществами. Кроме того, гидрогель благотворно влияет на структурное состояние почвы. Однако использование гранул будет рациональным, если гидрогель вносить в почву на расстоянии, доступном для корневой системы растений, и в необходимом количестве [8, 12, 13].

Предварительными опытами установлено, что гидрогель наиболее рационально используется развивающимися корнями растений при прорастании семени, если его гнездо находится на расстоянии 2-3 см от гнезда семени. В этом случае проросший корень семени при недостатке влаги адсорбирует её из насыщенного гидрогеля.

В типовой конструкции сошника секции сеялки предусматривалось разведение пят для внесения семян и гидрогеля вдоль лезвия сошника. Отсюда следует, что семя при подаче высевающим аппаратом укладывается в бороздку раньше и на некотором

расстоянии (20-30 мм) от гидрогеля. Такое расположение семени и гидрогеля исключает использование влаги, накопленной в гранулах гидрогеля, и не создает благоприятной среды для развития растений. Поэтому в конструкции высевающего аппарата для гидрогеля необходимо предусмотреть дополнительные устройства, способные подавать гидрогель рядом с семенем [7].

Существует необходимость внесения гранул на некотором расстоянии от семени, так как насыщенные удобрениями гранулы, внесенные слишком близко к семени, могут нанести ожоги корневой системе всходов. Поэтому необходимо применение двух пят, установленных на сошнике и образующих две параллельные бороздки с разделительной стенкой между ними.

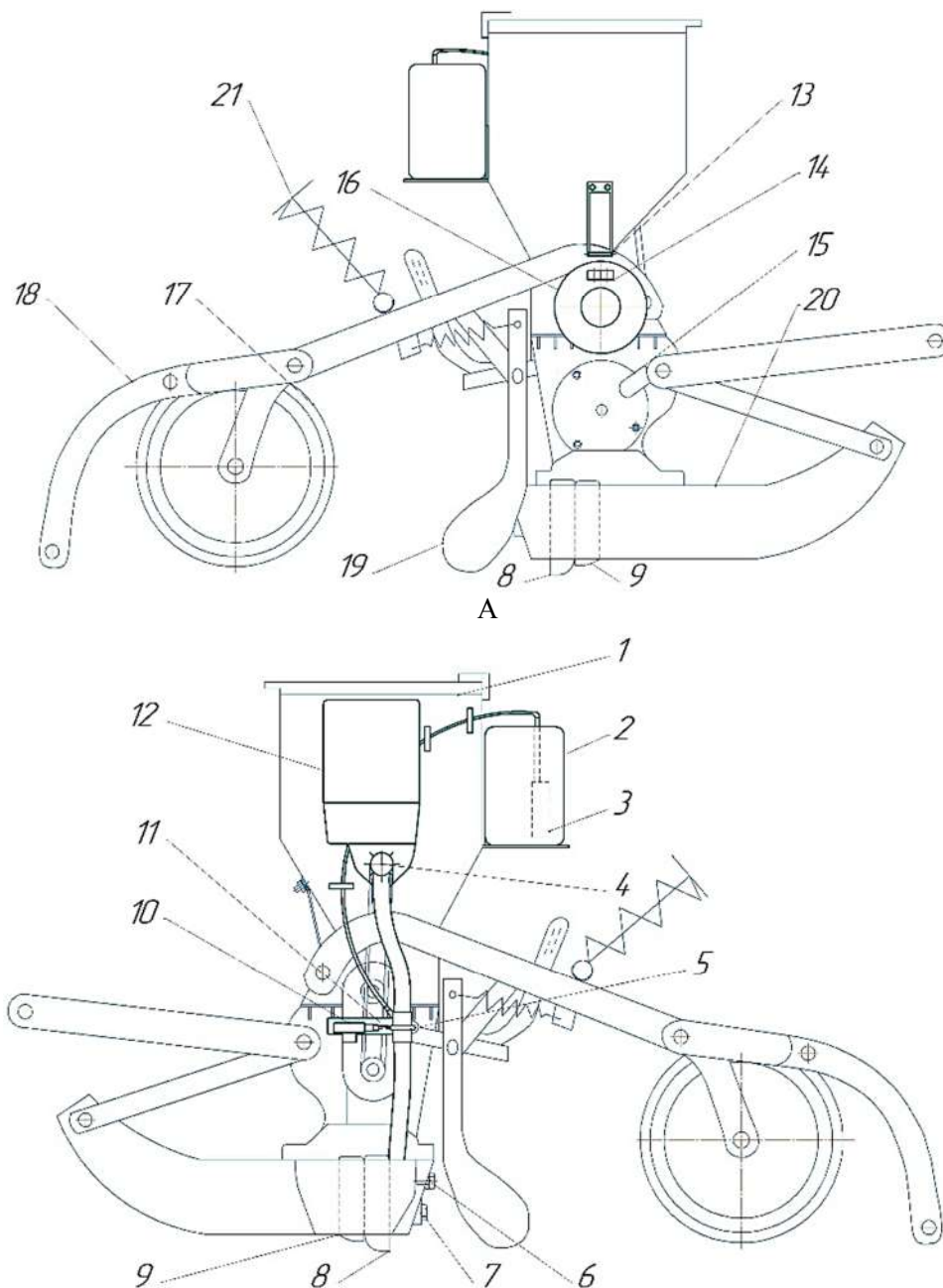
Материалы и методы. Для механизированного внесения гранул гидрогеля в почву одновременно с посевом разработана секция сеялки для посева семян сои, овощных и бабчевых культур на орошении, схема устройства которой изображена на рисунке 1 [9, 10].

Перед выполнением технологического процесса посева с одновременным внесением насыщенных гранул осуществляется регулировка глубины посева семян в зависимости от агротехнологических требований. Дополнительно регулируется глубина внесения насыщенных гранул ослаблением фиксирующих болтов 6, 7. После установки пяты для гидрогеля 8 на необходимую глубину внесения она закрепляется фиксирующими болтами 6, 7.

Пружина 21 обеспечивает копирование рельефа поля секцией сеялки. Бункер для семян 1 и бункер для гидрогеля 12 заполняют семенами и гидрогелем соответственно. Во время выполнения технологического процесса гранулы из бункера для гидрогеля 12 попадают в ячейку катушки 4, подающую гранулы на заслонку 5. В момент выпадения семени из семявысевающего аппарата 15 магнит 14, необходимый для создания магнитного поля, установленный на диске 16, воздействует на геркон 13. В момент сближения магнита 14 и геркона 13, контакты геркона 13, попадая в магнитное поле, замыкаются. Благодаря замыканию контактов, электрический ток от источника питания проходит через геркон 13 на активатор 10, воздействующий на заслонку 5 через тягу 11. Одновременно электрический ток через геркон 13 проходит на насос 3, установленный в баке для жидких удобрений 2. Под действием давления струи жидких удобрений гранулы гидрогеля насыщаются и падают в бороздку, образованную пятой для гидрогеля 8. В соседнюю бороздку, образованную пятой для семян 9, падают семена. Загортаци 19 засыпают бороздки, а каток 17 уплотняет почву.

Необходимо определить скорость перемещения гидрогеля от высевающего аппарата до дна бороздки, образованной пятой сошника. В конструкции высевающего аппарата для гидрогеля предусмотрена специальная подвижная заслонка в виде плоской металлической пластины, которой управляет активатор, перемещающий заслонку и открывающий подачу гидрогеля. Далее гранулы сбрасываются с заслонки и падают в бороздку.

Поскольку посевной агрегат продолжает поступательное движение, то гидрогель высыпается в бороздку на некотором отрезке пути (5-10 см), длина которого зависит от скорости движения агрегата. Однако в этом случае некоторые гранулы гидрогеля не используются корнями растений, что приводит к перерасходу дорогостоящего вещества и нерациональному его использованию, поэтому в конструкцию высевающего аппарата был добавлен дополнительный скребок, поворачивающийся по дуге некоторой окружности. При этом скребок сдвигает порцию гидрогеля с заслонки, которая в этот момент перемещается в противоположную от скребка сторону. В результате скорость сбрасывания гидрогеля с заслонки существенно увеличивается, и порция гидрогеля компактно, в виде сформированного конгломерата, укладывается рядом.



Б

Рисунок 1– А – вид секции справа, Б – вид секции слева; Устройство секции сеялки для одновременного посева и внесения гидрогеля: 1 – бункер для семян; 2 – бак для жидких удобрений; 3 – насос; 4 – катушка; 5 – заслонка; 6,7 – фиксирующие болты; 8 – пята для гидрогеля; 9 – пята для семян; 10 – активатор; 11 – тяга; 12 – бункер для гидрогеля; 13 – герконовый датчик; 14 – магнит; 15 – семявысевающий аппарат; 16 – диск; 17 – каток; 18 – шлейф; 19 – загортачи; 20 – сошник; 21 – пружина

Figure 1– a – view of the section on the left, b – view of the section on the right; Device of the seeder section for simultaneous sowing and hydrogel application: 1 – seed hopper; 2 – tank for liquid fertilizers; 3 – pump; 4 – coil; 5 – flap; 6,7 – fixing bolts; 8 – heel for hydrogel; 9 – heel for seeds; 10 – activator; 11 – thrust; 12 – hopper for hydrogel; 13 – reed sensor; 14 – magnet; 15 – seed-raising apparatus; 16 – disc; 17 – skating rink; 18 – train; 19 – zagortachi; 20 – coulter; 21 – spring

Результаты и обсуждение. Схему отрыва частицы гидрогеля и силы, приложенные к ней, рассмотрим на рисунке 2:

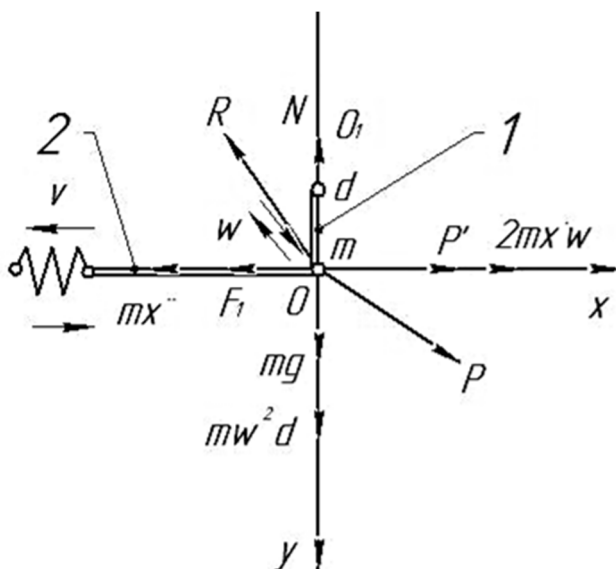


Рисунок 2 – Схема отрыва частицы гидрогеля от заслонки и силы, действующие на неё:
1 – скребок; 2 – заслонка; v – поступательная скорость заслонки; m – частица гидрогеля массой m_1 ; $m\ddot{x}$ – инерционная сила частицы от действия скребка, Н; N – нормальная сила от плоскости заслонки, Н; P' – сила реакции от скребка при движении заслонки, Н; F – сила трения о поверхность заслонки, Н; mg – сила тяжести, Н

Figure 2 - Diagram of the separation of the hydrogel particle from the flap and the forces acting on it:
1 – scraper; 2 – flap; v – translational velocity of the flap; m – hydrogel particle mass m_1 ; $m\ddot{x}$ – inertial force of the particle from the action of the scraper, Н; N – normal force from the plane of the flap, Н; P' – reaction force from the scraper when the flap moves, Н; F – friction force on the surface of the flap, Н; mg - gravity, Н

Скребок будет поворачиваться с некоторой угловой скоростью ω на некотором расстоянии d_1 от центра поворота.

Примем некоторые условия:

- 1) трение частицы о поверхность скребка несущественно и не учитывается в аналитическом выражении;
- 2) сила реакции скребка от перемещения заслонки равна силе деформированной пружины для закрытия заслонки;
- 3) частицы гидрогеля имеет шаровидную форму, обеспечивающую её вращение при сбрасывании.

Спроектируем все силы на оси Ox и Oy , представленные на рисунке 2, и получим два уравнения:

$$\sum x=0; P' + 2m\dot{x}\omega - m\ddot{x} - F = 0; \quad (1)$$

$$\sum y = 0; mg + v\omega^2 d - N = 0. \quad (2)$$

Из уравнения (2) выразим N и подставим его в уравнение (1):

$$N = mg + m\omega^2 d; \quad (3)$$

$$P' + 2m\dot{x}\omega - m\ddot{x} - f_q(mg + m\omega^2 d) = 0. \quad (4)$$

Усилие P' определится исходя из того, что на заслонке находится порция частиц гидрогеля. Их вес будет равен:

$$G_{\text{ч}} = mgn_{\text{ч}}, \quad (5)$$

где m – масса одной частицы, кг; $n_{\text{ч}}$ – число частиц, шт; g – ускорение свободного падения, м/с².

$$P' = m\ddot{x} = F_3 + c\Delta L_o, \quad (6)$$

где F_3 – сила трения заслонки, Н; $c\Delta c$ – упругая сила пружины, Н.

Заслонка скользит в направляющих, соответственно при этом возникает сила трения скольжения. Если пренебречь массой заслонки, то сила трения определится:

$$F_3 = mn_{\text{ч}}gf_3, \quad (7)$$

где f_3 – коэффициент трения заслонки; $n_{\text{ч}}$ – количество частиц, соприкасающихся с поверхностью заслонки, шт.

Отсюда уравнение будет представлено в виде:

$$mn_{\text{ч}}gf_3 + 2m\dot{x}\omega - m\ddot{x} - f_{\text{ч}}(mg + m\omega^2 d) = 0. \quad (8)$$

Полученное уравнение сократим на m :

$$\frac{c\Delta c}{mw_{\text{ч}}} + w_{\text{ч}}gf_3 + 2\dot{x}\omega - \ddot{x} - f_{\text{ч}}(g - \omega^2 d) = 0. \quad (9)$$

Обозначим:

$$m_{\text{ч}} \cdot n_{\text{ч}} = M_1; \quad (10)$$

при этом:

$$M_1 = \frac{G_{\text{г}}}{g}, \quad (11)$$

где $G_{\text{г}}$ – вес гидрогеля, Н.

Кроме этого, жесткость пружины C отнесем к весу гидрогеля, расположенного на заслонке, т.е.:

$$K_g = \frac{c}{G_{\text{г}}}. \quad (12)$$

Тогда:

$$gK_g\Delta c + n_{\text{ч}}gf_3 + 2\dot{x}\omega - \ddot{x} - f_{\text{ч}}(g - \omega^2 d) = 0. \quad (13)$$

Перепишем полученное выражение:

$$\ddot{x} - 2\dot{x}\omega + f_{\text{ч}}(g - \omega^2 d) - gK_g\Delta c - n_{\text{ч}}gf_3 = 0; \quad (14)$$

$$\ddot{x} - 2\dot{x}\omega - f_{\text{ч}}\omega^2 d + g(f_{\text{ч}} - K_g\Delta c - n_{\text{ч}}f_3) = 0. \quad (15)$$

Полученное в результате выражение представляет собой не что иное, как уравнение в дифференциальной форме. Подобные уравнения решаются с получением общего интеграла. Проводим решение дифференциального уравнения, в результате которого получаем выражение x :

$$x = x_o - \frac{[f_{\text{ч}}\omega^2 d - g(f_{\text{ч}} - K_g\Delta c - n_{\text{ч}}f_3)]}{4\omega^2} \cdot i^{-2\omega t} + \frac{[f_{\text{ч}}\omega^2 d - g(f_{\text{ч}} - K_g\Delta c - n_{\text{ч}}f_3)]}{2\omega}. \quad (16)$$

Начало движения частицы гидрогеля происходит при относительной скорости ω . Возьмём первую производную значения x :

$$\dot{x} = u = \frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{2\omega} \cdot i^{-2\omega t} + \frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{2\omega}. \quad (17)$$

Отсчёт времени начала движения частицы гидрогеля заслонки происходит при $t=0$, а значит $i^{-2\omega t} = 1$. Отсюда:

$$u = \frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{\omega}. \quad (18)$$

Вектор относительной скорости перемещения частицы гидрогеля заслонки направлен в момент отрыва горизонтально, а вектор скорости падения частицы – вертикально вниз. Следовательно, абсолютная скорость определяется следующим образом:

$$v_a = \sqrt{u^2 + v_n^2}, \quad (19)$$

где $v_n = \sqrt{2gH}$; H – высота падения частицы, м;

Тогда:

$$v_a = \left[\left(\frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{\omega} \right)^2 + 2gH \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (20)$$

Ранее определялось расстояние между пятами сошника. Исходя из этого время прохождения частицы гидрогеля расстояния от заслонки до дна борозды будет равно:

$$t = \frac{l}{v_a} = \frac{K_p \cdot a_1 \cdot tg \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right]}{\left[\left(\frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{\omega} \right)^2 + 2gH \right]^{\frac{1}{2}}}. \quad (21)$$

В конструкции высевающего аппарата высев семян обеспечивается за счёт вращения диска с ячейками, а подача сигнала на открытие заслонки для сброса гидрогеля осуществляется от геркона, установленного на диске и смещенного от отверстия для семян на некоторый угол φ . Исходя из ранее проведённых исследований угол φ будет определён:

$$\varphi = \omega \cdot t = \frac{\omega l}{v_a} = \frac{K_p \cdot a_1 \cdot tg \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] \cdot \omega}{v_a}. \quad (22)$$

Вращение диска обеспечивают опорно-приводные колеса сеялки. Следовательно, при изменении скорости движения сеялки будет пропорционально меняться угловая скорость диска ω и время t , поскольку претерпевает изменение скорость v_a :

$$\varphi = \frac{K_p \cdot a_1 \cdot tg \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] \cdot \omega}{\left[\left(\frac{[f_4 \omega^2 d - g(f_4 - K_g \Delta_c - n_4 f_3)]}{\omega} \right)^2 + 2gH \right]^{\frac{1}{2}}}. \quad (23)$$

В полученном выражении расстояние между пятами сошника остаётся постоянным, высота H , с которой сбрасывается гидрогель, также не меняется. Основное влияние на скорость v_a оказывает угловая скорость ω вращения диска, значение которой представлено в числителе полученной формулы.

Была разработана программа для определения предельных значений факторов (ω , h , a_1) в зависимости от значения угла φ . Реализация программы представлена на рисунке 3. Структурная блок-схема разработанной программы изображена на рисунке 4.

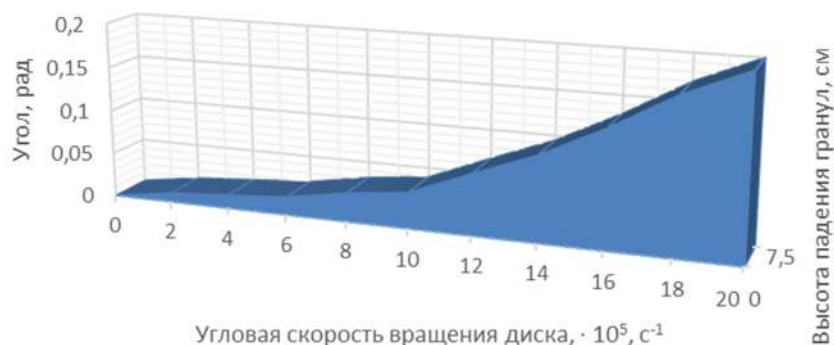


Рисунок 3 – Реализация программы для нахождения зависимости изменения угла α_1 от угловой скорости вращения диска ω и высоты падения гранул h

Figure 3 - Implementation of the program for finding the dependence of the angle α_1 change on the angular velocity of rotation of the disk ω and granule drop heights

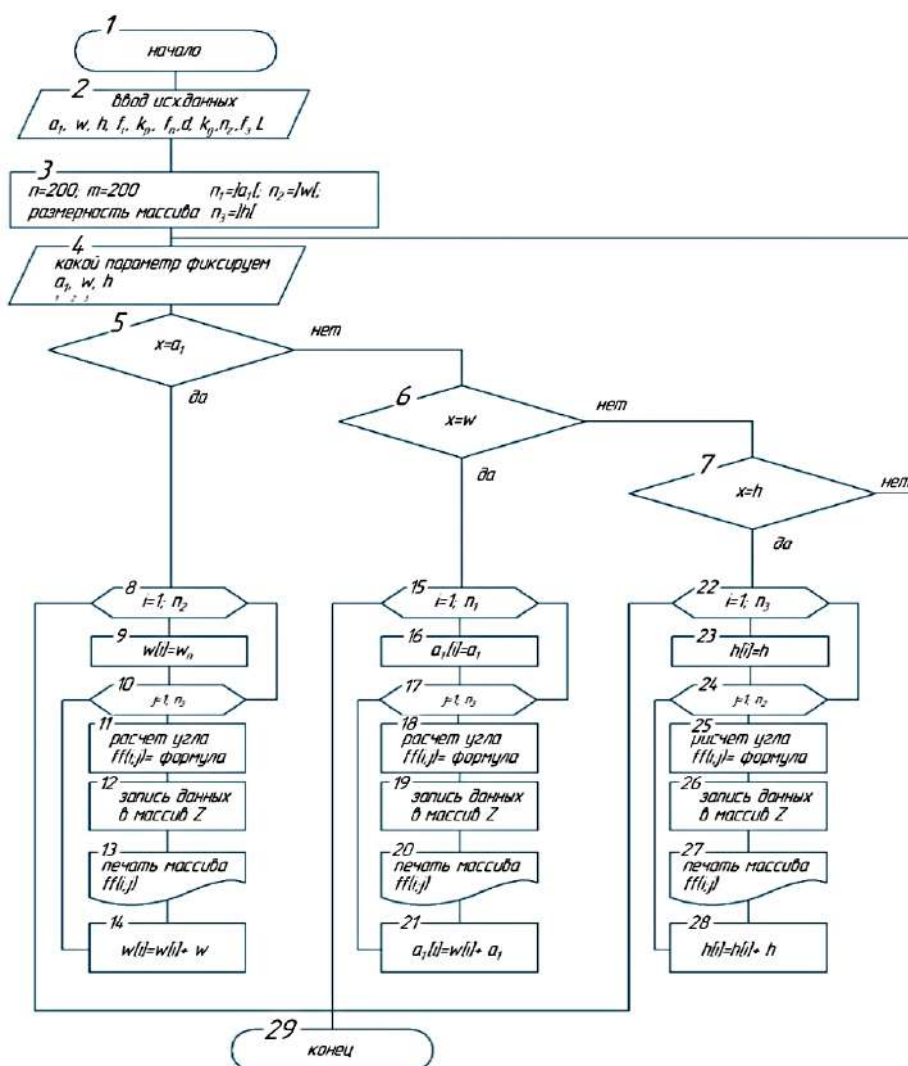


Рисунок 4 – Структурная схема программы для определения предельных значений определенных факторов (ω , h , α_1)

Figure 4 – Block diagram of a program for determining the limit values of certain factors (ω , h , α_1)

Выводы. Важность теоретически полученного выражения угла φ состоит в том, что его изменение способно указать на предельные значения факторов (ω , h , a_1). Для этого используется разработанная программа, реализация которой представлена в виде поверхности, изображенной на рисунке 3, указывает на то, что наибольшая зависимость изменения угла наблюдается при увеличении угловой скорости вращения диска. При этом предельное значение угловой скорости не должно превышать 10,35 с-1. Дальнейшее увеличение может привести к несовпадению гнезд семян и гидрогеля, что существенно ухудшит показатели агротехнических требований и приведет к росту себестоимости продукции.

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля в качестве аккумулятора почвенной влаги в зоне нестабильного увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
2. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Дедов А. А. Параметры водного режима капельного орошения при возделывании арбуза в аридных условиях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 218-225.
3. Влияние орошения, удобрения и фактора сорта на урожайность сои в условиях Нижнего Поволжья / В. В. Толоконников, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер, Л. В. Вронская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 95-104.
4. Данилова Т. Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений с использованием водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. С. 8-16.
5. Лапшова А. Г. Орошение сои в условиях сухостепной зоны Поволжья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4 (64). С. 125-129.
6. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Применение гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. С. 11-24.
7. Теоретическое обоснование экономического эффекта применения разработанной конструкции сеялки при посеве зерновых с питательным влагосорбирующим мелиорантом / В. В. Тимошенко, М. В. Ульянов, А. Н. Матасов, А. В. Харлашин // Агротехника и энергообеспечение. 2021. № 2 (31).
8. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукообогащенного гидрогеля // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 195-201.
9. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 380-389.
10. Цепляев В. А., Магомедов А. М. Теоретическое обоснование конструктивных параметров разработанного сошника для посева семян пропашных культур одновременно с гидрогелем // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоградский государственный аграрный университет. Волгоград, 2021. С. 220-226.
11. Эффективность выращивания сои с применением удобрений и биопрепарата на черноземе обыкновенном в условиях орошения / О. Г. Шабалдас, К. И. Пимонов, А. П. Солодовников, С. С. Вайцеховская // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 48-53.
12. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P. 3107-3112.
13. Okolelova A. A., Woskoboinikova T. G., Manov R. O. Properties of Lightbrown Soil using Hidrogel Biogeosystem // Technigue. 2015. V. 3. P. 82-88.

Информация об авторах

Цепляев Виталий Алексеевич, ректор, доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. +7 (8442) 41-17-84.

Цепляев Алексей Николаевич, профессор, доктор сельскохозяйственных наук ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) тел. +7 (8442) 60-23-27.

Богданов Сергей Иванович, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий в АПК», доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. +7 (8442) 41-11-27, s.bogdanov@volgau.com.

Магомедов Абдулвагаб Магомедович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. +7 (8442) 41-15-10, vagabmagomedov@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-46

ELECTROMAGNETIC METHODS AS POSSIBLE INSTRUMENTS FOR DETERMINING THE QUALITY OF MOTOR GASOLINES

S.N. Borychev, D.E. Kashirin,
A.A. Simdyankin, N.V. Limarenko

Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev

Received 17.02.2022

Submitted 05.09.2022

The studies were carried out as part of the state budget research

Summary

The quality of automobile gasoline is largely determined by its octane number, which I would like to know as soon as possible after refueling the vehicle. Electrophysical methods based on a high-voltage discharge and the electrical resonance method are proposed. The relationship between the physical parameters of motor gasoline and its octane number has been established.

Abstract

Introduction. It is necessary to qualitatively control the characteristics of petroleum products. Already today, the quality of petroleum products is monitored mainly by equipment that provides thorough and comprehensive monitoring of indicators. New technology, operating using a variety of energy carriers, must operate in such a way that the amount of fuel consumed is as optimal as possible. Modern industry does not yet know of a device that would be characterized by compact dimensions and could quickly and accurately give information about the octane number available in gasoline. **Object.** The object of research is electrophysical methods that allow you to quickly determine the octane number of gasoline. **Materials and methods.** As part of this study, samples of automotive gasoline fuel produced using petroleum fractions produced at the facilities of the Samotlor field were used. In the process of carrying out the work, installations of the UMT-85 model were used, which were mounted at the facilities of the laboratory to determine the quality characteristics of products. **Results and conclusions.** Experimental studies confirm the correlation between the physical parameters of motor gasoline and the octane number. It has been established that in the case of using the electromagnetic method, such a parameter is the electromagnetic index M, and in the case of using the high-voltage method, this parameter is the intensity E of electrical breakdown in gasoline. The parameters of the oscillatory circuit, namely the inductor and the capacitor, are obtained: - the area of the capacitor plate is 0.01 m²; distance between capacitor plates - 0.008 m; the inductor consists of 410 turns of enamelled wire with a diameter of 0.5 mm. The increase in the octane number is accompanied by a decrease in the resonant frequency and an increase in the value of the electromagnetic index M increases. So, if you bring the octane number of the gasoline fraction from 80 to 95, then the resonance frequency decreases by 6%. The M index, in turn, rises by 15%, reaching a value of 3.42.

Keywords: Octane number of gasoline, inductor, electrical resonance, high voltage electrode.

Citation. Borychev S.N., Kashirin D.E., Simdyankin A.A., Limarenko N.V. Electromagnetic methods as possible tools for determining the quality of motor gasolines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 404-415 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-46.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 53.082.13

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ КАК ВОЗМОЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

С. Н. Борычев, доктор технических наук, профессор

Д. Е. Каширин, доктор технических наук, доцент

А. А. Симдянкин, доктор технических наук, профессор

Н. В. Лимаренко, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева

Дата поступления в редакцию 17.02.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

Исследования проведены в рамках выполнения госбюджетной НИР

Актуальность. Необходимо качественно контролировать характеристики нефтепродуктов. Уже сегодня качество нефтепродуктов отслеживается в основном техникой, которая обеспечивает тщательное и всестороннее отслеживание показателей. Новая техника, работающая с использованием разнообразных энергоносителей, должна функционировать таким образом, чтобы объем расходуемого топлива был как можно более оптимальным. Современная промышленность ещё не знает прибора, который характеризовался бы компактными размерами и мог бы быстро и точно выдавать информацию об октановом числе, имеющемся у бензина. **Объект.** Объектом исследований являются электрофизические методы, позволяющие оперативно определять октановое число бензинов. **Материалы и методы.** В рамках проведения настоящего исследования были использованы образцы автомобильного бензинового топлива, произведённые с использованием нефтяных фракций, добываемых на мощностях Самотлорского месторождения. В процессе проведения работы были использованы установки модели УМТ-85, которые смонтированы на мощностях лаборатории по определению качественных характеристик продукции. **Результаты и выводы.** Экспериментальные исследования подтверждают корреляционную связь физических параметров автомобильных бензинов с октановым числом. Установлено, что в случае использования электромагнитного метода таким параметром является электромагнитный индекс M , а в случае применения высоковольтного метода таким параметром является напряженность E электрического пробоя в бензинах. Получены параметры колебательного контура, а именно катушки индуктивности и конденсатора: площадь конденсаторной пластины – $0,01 \text{ м}^2$; расстояние между конденсаторными пластинами – $0,008 \text{ м}$; катушка индуктивности состоит из 410 витков провода ПЭЛ диаметром $0,5 \text{ мм}$. Возрастание октанового числа сопровождается уменьшением резонансной частоты и повышением величины электромагнитного индекса M . Так, если доводить октановое число (ОЧ) бензиновой фракции от 80 до 95, то частота резонанса уменьшается на 6 %. Индекс M , в свою очередь, повышается на 15 %, доходя до значения 3,42.

Ключевые слова: октановое число бензина, катушки индуктивности, электрический резонанс, высоковольтный электрод.

Цитирование. Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Симдянкин А. А., Лимаренко Н. В. Электромагнитные методы как возможные инструменты определения качества автомобильных бензинов. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 404-415. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-46.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Химотологическое обеспечение сельскохозяйственной деятельности предполагает в качестве одного из важнейших аспектов отслеживание качества ГСМ (горюче-смазочные материалы), разрешение вопроса об их пригодности для эксплуатации в конкретной технике. Предприятия, относящиеся к сельскохозяйственному комплексу, пользуются нефтепродуктами, не соответствующими требованиям стандартов.

Главный параметр, в соответствии с которым производится оценивание качества потребительского бензина, – это его детонационная устойчивость, которая выражается через октановые числа (ОЧ).

Чтобы определить октановое число, которым характеризуется бензин, можно пользоваться различными способами. Наибольшую популярность среди них приобретают исследовательский и моторный. Исследовательский и моторный методы предполагают сопоставление исследуемого топлива с образцом, используемым в качестве эталонного (последним, как правило, выступает гептан-изооктановая смесь) [9]. Для расчёта октанового числа применяется специальная моторная техника, смонтированная в специальном лабораторном помещении. Исследовательский моторный способ имеют одну и ту же проблему: они расходуют очень большое количество времени (более двух часов), чтобы октановое число, имеющееся у бензина, оказалось рассчитанным. Кроме того, их эксплуатация предъявляет высокие требования к материальной обеспеченности лабораторий; им приходится нести значительные затраты на приобретение измерительных установок, а также на закупку эталонных образцов топлива.

Октановое бензиновое число – это показатель, который по всей планете используется для того, чтобы иметь представление о бензиновой детонационной устойчивости. Физические методики, используемые для расчёта октанового числа бензиновой фракции, предполагают формирование графиков, отражающих зависимость между октановым числом конкретной фракции и октановым числом эталонной фракции.

Существует потребность в создании новых, более совершенных методик для расчёта качественных характеристик бензиновых топлив для автотранспорта и иных видов транспорта. Эти методики могут быть широко распространены, поскольку уже существуют образцы компактного лабораторного оборудования, которые могут быть смонтированы и применяться на каждой стадии технологического процесса, а также пригодны для эксплуатации непосредственно потребителями [2, 11, 13].

Материалы и методы. В рамках проведения настоящего исследования были использованы образцы автомобильного бензинового топлива, произведённые с использованием нефтяных фракций, добываемых на мощностях Самотлорского месторождения. Для выпуска автомобильного топлива применялись мощности нефтеперерабатывающего производства, находящегося на территории г. Рязани. Октановое число производимых бензиновых топлив рассчитывалось в соответствии с положениями стандартов ГОСТ 2084-77, ГОСТ 8226-82, ГОСТ 51105-97. В процессе проведения работы были использованы установки модели УМТ-85, которые смонтированы на мощностях лаборатории по определению качественных характеристик продукции, выпускаемой нефтеперерабатывающим производством г. Рязани.

Также в ходе проведения исследования было использовано оборудование, предоставленное специализированными кафедрами РГАТУ, предприятием АО «Теплоприбор».

Результаты и обсуждение. В качестве теоретического базиса для использования резонансного метода рассматривается связь, существующая между физическими характеристиками различных веществ и спецификой имеющихся у них структур [10]. Известно, что строение вещества во многом определяется его электромагнитным ин-

дексом $M = \mu$. Для проведения экспериментальной работы была собрана установка, устройство которой продемонстрировано на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, узлами комментируемой установки выступают контур колебаний (обозначен как 1), импедансовый измеритель (обозначен как 2), а также частотометр (обозначен как 3).

Контур колебаний является колебательной системой, где присутствуют элементы, обеспечивающие индуктивность и емкость (они включены в общую электросеть параллельным образом). За емкость в электрической сети отвечает конденсатор. А элемент, генерирующий индуктивность, – это катушка, представляющая собой катушку квадратного сечения.

Характеристики элементов, представляющих собой индуктивность и емкость в электрической сети, разработаны в соответствии с итогами ранее осуществлённых экспериментов. Контур колебаний имеет следующие параметры:

- площадь, занимаемая одной конденсаторной пластиной – 0,01 квадратных метра;
- удалённость между конденсаторными пластинами, выполненными из нержавеющей стали – 0,8 см;
- в катушке индуктивности имеется 410 витков, образованных проводом ПЭЛ с диаметром 0,5 мм;
- протяжённость катушки – 16,5 см;
- ячейки для измерения выполнены из оргстекла.

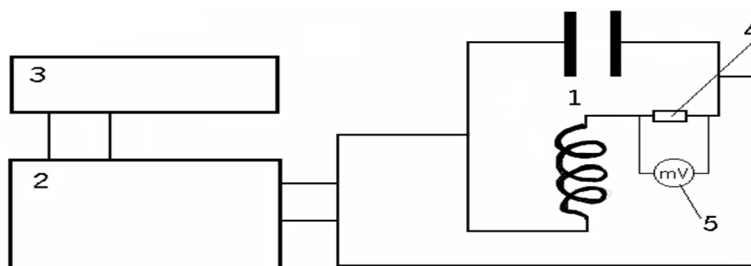


Рисунок 1 – Устройство лабораторной установки, применяемой для расчёта октанового числа бензиновых фракций с применением электромагнитного метода

1 – контур колебаний; 2 – определитель импеданса ВМ-508; 3 – частотомер ЧЗ-34, 4 – эталонное сопротивление 0,1 Ом; 5 – милливольтметр

Figure 1 – The device of a laboratory installation used to calculate the octane number of gasoline fractions using the electromagnetic method

1 – vibration contour; 2 – impedance detector VM-508; 3 - ChZ-34 frequency meter, 4 - reference resistance 0.1 Ohm; 5 - millivoltmeter

Электромагнитный метод определения октанового числа бензиновой фракции предполагает осуществление расчёта за счёт выяснения частоты, при которой в контуре колебаний наступает резонанс. В зависимости от того, какими характеристиками описывается система колебаний, свойства, проявляемые резонансом, могут существенно отличаться друг от друга. В конкретном случае возникает резонанс напряжений. Чем ближе частота внешней электродвижущей силы становится к частоте колебаний в контуре, тем быстрее во внешней сети уменьшается сила тока. Возникает такой эффект вследствие того, что при приближении ω к ω_0 , реактивные сопротивления, имеющиеся у элементов, обеспечивающих индуктивность и емкость в электрической системе начинают становиться тождественными. Таким образом, в разных частях контура находятся токи, практически совпадающие друг с другом по амплитуде, однако отличающиеся по фазе (последние являются противоположными) [6]. Для определения характеристик эталонных бензиновых фракций применялся следующий метод. Датчики индуктивности и ёмкости использовались для наполнения пробой бензиновой фракции (в объеме 0,2 литра). Си-

стема колебаний искусственно выводилась в состояние резонанса. Фиксировалась величина частоты, при которой появляется резонанс. Затем импедансметр искусственным образом вводился в расстроенное состояние, после чего эксперимент воспроизводился многократно. Далее из датчиков удалялась оставшаяся бензиновая фракция, после чего в нее вносилась следующая партия бензина. Для каждой пробы создавались соответствующие условия внешней среды (характеризующиеся в первую очередь ее прогревом до 20 градусов Цельсия). Работа с одной бензиновой пробой осуществлялась в течение 60 секунд. При проведении расчётов применялось следующее выражение:

$$\varepsilon \cdot \mu = \frac{d_1 \cdot d_2}{\omega_0^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \mu_0 \cdot s \cdot Y \cdot N},$$

где ω_0 – резонансная частота, Гц; ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость фракции бензина; s – площадь пластины конденсатора; d_1 – удаленность между пластинами конденсатора; μ_0, μ – магнитные характеристики бензина; Y – сила тока в витках катушки, N – число витков; d_2 – протяженность катушки [4].

Полученный результат – это электромагнитный индекс, который обозначается как M , ω_0 – характеристика, описывающая состояние, в котором пребывает конкретный прибор, а произведение проницаемостей – это показатель, характеризующий магнитные и электрические параметры, присущие бензиновым фракциям.

Высоковольтный метод основывается на известном факте, что электромагнитный индекс является сопряженной с характеристиками, описывающими электрическую проводимость материала, а также его электрическую прочность. Исследовательская задача, обозначенная на соответствующем этапе, заключалась в том, чтобы определить, при каких условиях возникает пробой для различных типов бензиновых фракций [7].

На рисунке 2 продемонстрирована электрическая схема установки для изучения возможностей высоковольтного метода.

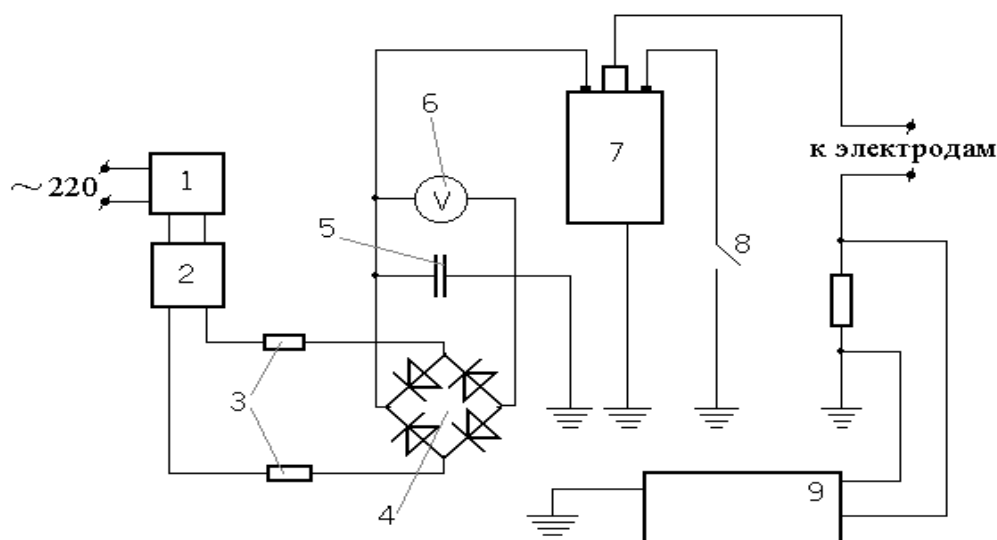


Рисунок 2 – Схема электрической части установки

1, 2 – Регулировочные трансформаторы; 3 – сопротивления; 4 – выпрямитель;
5 – электроемкость; 6 – измеритель напряжения; 7 –высоковольтная катушка;
8 – замыкатель цепи; 9 – осциллограф для визуального наблюдения результатов

Figure 2 – Scheme of the electrical part of the installation

1, 2 – Regulating transformers; 3 – resistance; 4 – rectifier; 5 – electrical capacity; 6 – voltage meter;
7 – high-voltage coil; 8 – chain lock; 9 – oscilloscope for visual observation of the results

На экране осциллографа отражается информация о том, как меняется сила тока, проходящего через проводник. Вид линии на экране осциллографа зависит от появления или отсутствия электрического импульса между электродами конденсатора, как показано на рисунке 3. А если появляется искровой разряд, то кривая, отражаемая на экране осциллографа, соответствует той, что показана на рисунке 3а, если в пространстве, ограниченном электродами, электрический импульс отсутствует, то экран осциллографа является пустым, как показано на рисунке 3б.

В процессе определения напряжения, соответствующего пробой бензиновых фракций, электродная составляющая установки варьировалась по конструкции. Один из вариантов обустройства комментируемой установки продемонстрирован на рисунке 4. Как было выявлено в последующих экспериментах, именно такой вариант обустройства установки обеспечивает осуществление исследований с достаточно высокой степенью точности.

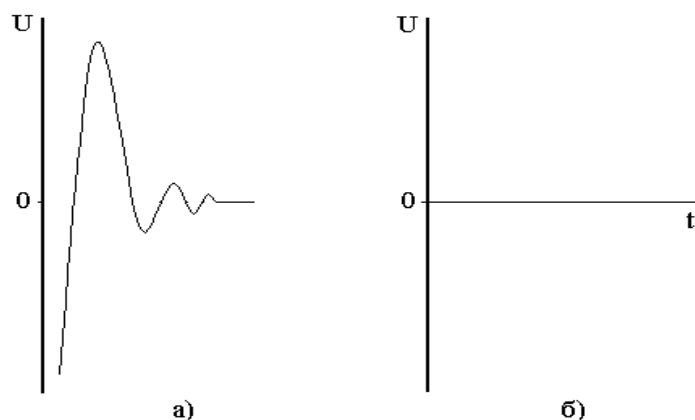


Рисунок 3 – Импульс, появляющийся на экране осциллографа в случае, если в пространстве, ограниченном электродами, существует импульс (а); вид экрана осциллографа в случае, если в пространстве, ограниченном электродами, отсутствует импульс (б)

Figure 3 – The pulse that appears on the oscilloscope screen if there is a pulse (a) in the space limited by the electrodes; view of the oscilloscope screen if there is no pulse in the space limited by the electrodes (b)

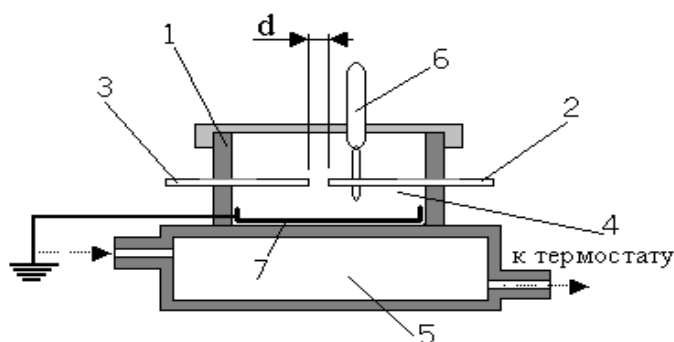


Рисунок 4 – Схема электродной части установки

Figure 4 - Scheme of the electrode part of the installation

Электроды, обозначенные цифрами (2) и (3), смонтированы в пределах корпуса (1) таким образом, что их положение не может изменяться. В корпус (1) помещается проба бензиновой фракции (4). Снаружи корпуса (1) находится контур заземления (6).

Увеличение температуры пробы бензиновой фракции осуществляется за счет жидкого носителя (5). Конструкция подобного рода обеспечивает определение температуры, до которой нагревается бензиновая проба, посредством термометра. На рисунке 2 показана установка с жесткими контактами, применение которой позволяет рассчитывать напряжение, появляющееся на конденсаторе. Таким образом, расчет напряжения, а также напряженности, при достижении которых появляется пробой, производился посредством вычисления значений формул.

Рабочая камера имеет пространство, достаточное для того, чтобы вместить 0,1 мл бензина. Длительность одной операции по измерению составляет 180-240 секунд.

В таблице 1 отражены результаты, полученные по итогам определения частоты резонанса ω_0 .

Исходя из понимания того, какой величиной характеризуется частота резонанса ω_0 , а также того, какие свойства имеются у системы колебаний, можно определять численные значения электромагнитного индекса M .

Например, используя формулу, которая была рассмотрена ранее, можно вычислить значение индекс M для бензиновых фракций с ОЧ=80:

$$M = \varepsilon \cdot \mu = \frac{0,0080165}{(4,42 \cdot 10^6)^2 \cdot 8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot 0,5 \cdot 410} = 2,96.$$

С использованием той же самой формулы рассчитываются M и для других образцов бензиновых фракций.

Таблица 1 – Частоты резонанса для эталонных бензиновых фракций

Table 1 – Resonance frequencies for reference gasoline fractions

Октановое число эталонного бензина	80,2	84,2	88,1	92,4	95,1
Резонансная частота ω_0 эталонного бензина, МГц	4,42	4,39	4,33	4,25	4,16

На рисунках 5 и 6 продемонстрированы зависимости, имеющиеся между M и ОЧ бензиновой фракции, между M и частотой резонанса.

Итоги, полученные после проведения экспериментов, позволяют заявить о следующих закономерностях:

1. Существует зависимость между информационной характеристикой и октановым числом бензиновой фракции.

2. При возрастании октанового числа частота резонанса становится меньше, а значит, величина M повышается. Так, если доводить ОЧ бензиновой фракции от 80 до 95, то частота резонанса оказывается сокращенной на 6 %. Электромагнитный индекс, в свою очередь, повышается на 15 %, доходя до значения 3,42.

С математической точки зрения зависимости, что были получены, характеризуются следующим уравнением:

$$M = 3,0861\omega^2 - 28,252\omega + 67,548$$

$$ОЧ(ИМ) = 164,35M^3 - 16512M^2 + 55401M - 61136$$

где M – электромагнитный бензиновый индекс; ω – частота резонанса, МГц; $ОЧ(ИМ)$ – ОЧ бензиновой фракции, рассчитанное в соответствии с исследовательским способом.

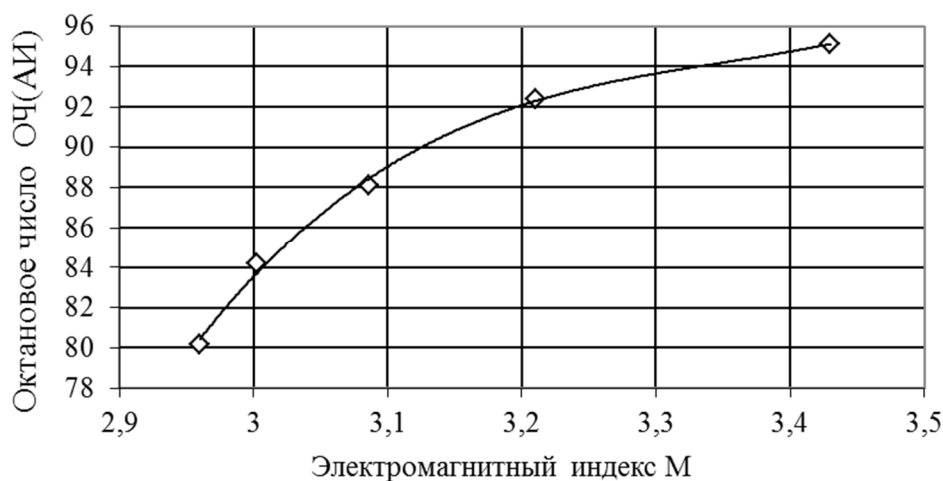


Рисунок 5 – График, отражающий зависимость между электромагнитным индексом M и ОЧ бензиновой фракции

Rice 5 – Graph showing the relationship between the electromagnetic index M and the octane of the gasoline fraction

Чем больше ОЧ бензиновой фракции, тем больше в ней присутствует углеводородов разветвленного типа. Представляется, что рост их количества является причиной экранирования взаимодействий, имеющих электрическую природу. Таким образом, частота резонанса оказывается меньше, при этом ОЧ бензиновой фракции растет. Происходит данный процесс в основном за счет повышения параметра ε .

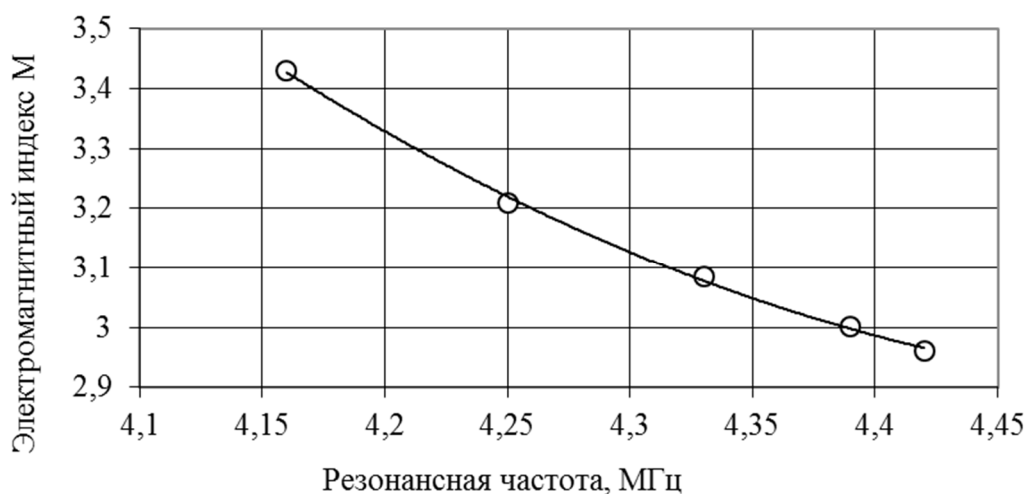


Рисунок 6 – Зависимость между произведением проницаемостей (магнитной, диэлектрической) и частотой резонанса в контуре колебаний

Figure 6 – Dependence between the product of permeability (magnetic, dielectric) and the resonance frequency in the oscillation circuit

При проведении измерений бензиновая фракция рассматривается в качестве диэлектрической среды (в пределах конденсаторного оборудования C), а также в качестве магнитной среды (в пределах катушки индуктивности L). Вместе элементы, обеспечивающие индуктивность и емкость, рассматриваются в качестве контура колеба-

ний. У него присутствует частота резонанса, численное значение которой зависит от ε , μ изучаемой бензиновой фракции. Когда диэлектрические материалы оказываются в пределах электрического поля, то начинается поляризация, описываемая молекулярными дипольными моментами P . В ситуации, когда значение параметра E (характеризующего напряженность электрического поля) быстрым образом увеличивается или уменьшается, то между колебаниями P и E возникает разность в фазах. Она становится причиной формирования электропотерь, а также появления зависимости между ε и ω_0 . Значение параметра μ также определяется частотой поля. Бензины – это такие смеси, в которых присутствуют самые разные виды углеводородов. Таким образом, для каждого сорта бензина существует своя частота резонанса [5]. Соответственно, электромагнитный метод ее определения характеризуется как имеющий наибольшую степень эффективности, поскольку он позволяет учитывать не только диэлектрическую, но и магнитную проницаемость, что имеется у бензина.

Применение описанной выше лабораторной установки в процессе изучения характеристик, имеющих у бензиновых фракций, позволяет приобретать сходящиеся результаты экспериментальных исследований.

Погрешность в расчете значения частоты резонанса высчитывается в соответствии с выражением ниже:

$$P_{эм} = \frac{\sigma_{\max}}{|\omega_{95,1} - \omega_{80,2}|} \cdot 100 \%$$

где $P_{эм}$ – погрешность исследований бензиновых фракций, проведенных в лабораторных условиях; $\sigma_{\max}$ – максимальная среднеквадратичная погрешность расчета частоты резонанса, имеющейся у бензина $\sigma_{\max} = 0,014$ МГц; $\omega_{95,1}$ – частота резонанса для бензиновой фракции, имеющей ОЧ= 95,1; $\omega_{80,2}$ – частота резонанса для бензиновой фракции, имеющей ОЧ= 80,2.

Тогда:

$$P_{эм} = \frac{0,014}{|4,16 - 4,42|} \cdot 100 \% = 5,4 \%$$

Таким образом, при использовании лабораторного метода возникает погрешность, которая равняется 5,4 %.

Представленные выше результаты свидетельствуют о наличии возможности для разработки прибора, который будет характеризоваться маленькими геометрическими размерами и предоставит возможность достаточно точно определять, каким ОЧ характеризуется бензиновая фракция. Чтобы подобный прибор был создан и оказался запущенным в производство, следует:

- разработать устройство, обеспечивающее отсутствие негативного воздействия со стороны помех электромагнитного характера;
- создать схему импедансметра, которая станет характеризоваться минимальными геометрическими размерами, а также тепловой стабильностью.

Интерес к тому, как осуществляется протекание электрического разряда высокого напряжения в жидкой среде, не случаен: вопрос об этом сегодня исследован недостаточно тщательно.

Исследование того, как разряды высокого напряжения протекают в жидких средах, является достаточно сложным, поскольку до сих пор не разработано лабораторное оборудование необходимой степени точности. В абсолютном большинстве научных

исследований, которые были доведены до стадии публикации, электроразряд в подводной среде генерируется за счет электросхемы, в состав которой включается конденсаторный накопитель [1]. В данной схеме присутствует зарядная цепь, куда включается трансформаторное оборудование повышающего типа, выпрямитель, а также конденсатор импульсного типа. Поскольку процессы относятся к категории импульсных, то оборудование должно продемонстрировать соответствие специальным требованиям (в частности, это касается диэлектрического материала, к которому предъявляются высокие требования по нагревательной прочности). Требования подобного рода усугубляются еще и нагрузками теплового характера, появляющимися вследствие электрострикции токами индукционного типа. Если в какой-либо единице конденсаторного оборудования станет нарастать пробой, то весь энергетический запас, сконцентрированный в пределах батареи, оказывается высвобожденным, из-за чего происходит взрыв. Помимо всего перечисленного выше, конденсатор импульсного типа должен быть обустроен таким образом, чтобы его собственная индуктивность сводилась к минимальным значениям [8, 12].

Таблица 2 – Зависимость напряженности пробоя эталонных бензинов от температуры

Table 2 - Dependence of the breakdown intensity of reference gasolines on temperature

Температура	Напряженность пробоя, $\cdot 10^3$ В/м				
Октановое число эталонных бензинов	80,4	84,2	88,1	92,1	95,2
36 ⁰ C	2,29	2,35	2,4	2,48	2,64
18 ⁰ C	2,12	2,18	2,25	2,33	2,43
10 ⁰ C	1,65	1,7	1,73	1,78	1,82

Полученные закономерности в математической форме записи имеют вид:

$$ОЧ(ИМ) = -41,218E^2 + 231,98E - 190,35 \text{ (при } 10^0\text{C)},$$

$$ОЧ(ИМ) = -69,755E^2 + 365,54E - 381,11 \text{ (при } 18^0\text{C)},$$

$$ОЧ(ИМ) = -117,03E^2 + 620,19E - 726,4 \text{ (при } 36^0\text{C)},$$

где E - напряженность электрического пробоя бензина, В/м.

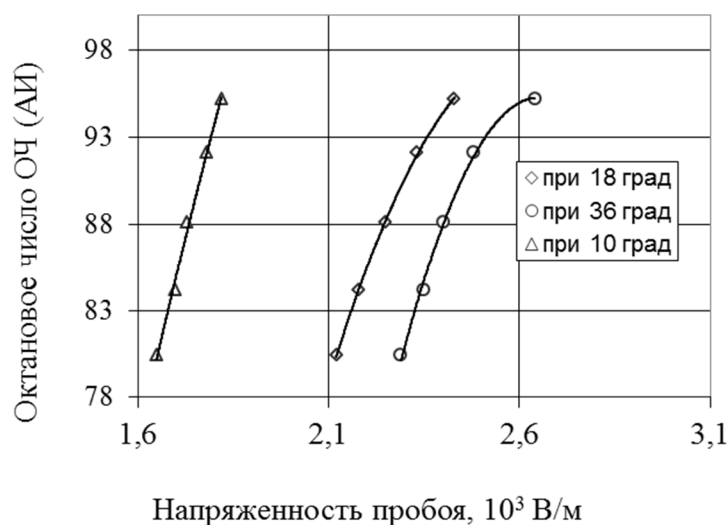


Рисунок 7 – Графики зависимости напряженности E электрического пробоя эталонных бензинов при различных температурах t⁰

Figure 7 – Graphs of the intensity E of the electrical breakdown of reference gasolines at different temperatures t⁰

Выводы. В настоящее время отсутствуют технологии и оборудование, которые позволяли бы массовому потребителю самостоятельно определять качество бензинов. Гарантировано это может быть сделано только прямым методом на моторных установках, исключающих мобильность и оперативность.

Результаты проведенных экспериментальных исследований подтверждают корреляцию некоторых физических параметров автомобильных бензинов с октановым числом. Для электромагнитного метода таким параметром является электромагнитный индекс M , для высоковольтного напряжения E электрического пробоя в бензинах.

Все косвенные методы определения ОЧ бензинов по различным физическим параметрам в значительной степени условны, могут быть применены только в очень ограниченных условиях и не гарантируют достаточно высокой точности. Гарантированным способом точного определения именно ОЧ является только моторный метод. Но масса и размеры таких современных установок делают возможным его применение только в стационарных условиях. Представляется, что дальнейшие исследования могут быть связаны с изучением возможностей создания компактных, переносных моторных установок для точного, оперативного и мобильного определения ОЧ массовым потребителем.

Библиографический список

1. Кондауров Д. А., Садовая И. И., Пашенко В. М. К вопросу о возможности создания компактной установки для оперативного определения октанового числа автомобильных бензинов прямым методом // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. 2018. № 2-2. С. 239-242.
2. Оценка влияния ультразвуковой обработки моторного масла на износ пар трения при длительных износных испытаниях / А. А. Симдянкин, А. М. Давыдкин, М. Н. Слюсарев, А. М. Земсков // Вестник мордовского университета. 2018. № 4 (28). С. 583-602.
3. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, М. Б. Угланов, И. А. Юхин, Б. А. Нефедов // Техника и оборудование для села. 2017. № 11. С. 12-17.
4. Пашенко В. М., Кондауров Д. А. О возможности создания мобильной компактной установки для определения детонационной стойкости бензина и управления процессом детонации двигателя // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции (Международные Бочкаревские чтения). Рязань: Изд-во РГАТУ, 2019. С. 150-155.
5. Пашенко В. М., Кондауров Д. А., Новикова Н. Н. Перспектива применения моторного способа определения октанового числа автомобильных бензинов на мобильных компактных установках // Инновационное научно - образовательное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 69-ой Международной научно - практической конференции. Рязань, 2018. С. 294-300.
6. Симдянкин А. А., Пуков Р. В., Данилов И. К. Оценка экономической эффективности применения устройств ультразвуковой обработки топлива // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 126. С. 50-68.
7. Gad M. S. Influence of magnetized waste cooking oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine // International Journal of ChemTech Research. 2018. Vol. 11. N. 11. P. 255–267.
8. Hayder, J. Kurji Magnetic field effect on compression ignition engine performance / J. Kurji Hayder, S. Imran Murtdha // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018 Vol. 13. N. 12. P. 341 – 347.
9. Improvement of the Technological Process of Surface Application of Mineral Fertilizers / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy, K. P. Andreev, V. V. Terentyev // BIO Web of Conferences 2019. 2020. Vol. 17. № 00192.
10. Magnetization of diesel fuel for compression ignition engine to enhance efficiency and emissions / S. Swapnil, S. Himanshu, K. Amit, K. Krishna, P. Dixit, K. Ram // International Journal of Applied Engineering Research. 2018. V. 13. No 6. P. 341–347.

11. Rama K. Performance and emission analysis of VCR diesel engine through fuel ionization under the influence of magnetic field // International Journal of Research. 2018. Vol. 7. Iss. 6. P. 11–17.
12. System with permanent magnets used for magnetic treatment of fuel fluids / R. Ciobanu, O. Dontu, G. Gheorghe, Iu. Avarvarei, D. Besnea // Proceedings of
- 113 International Conference on Innovations, Recent Trends and Challenges in Mechatronics. MECANITECH'11. 2011. Vol. 3. P. 211–214.
13. The Effect of Ultrasonic Treatment of a Lubricating Oil on the Operation of a Tribological Assembly and the Assessment of the Residual Effects in the Oil / A. A. Simdiankin, I. A. Uspenskiy, N. V. Byshov, M. N. Slyusarev // Journal of Friction and Wear. 2019. № 40 (5). P. 461–467.

Информация об авторах

Борычев Сергей Николаевич, первый проректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9726-3584>. E-mail: 89066486088@mail.ru

Каширин Дмитрий Евгеньевич, заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, доцент. ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5487-6863>. E-mail: kadm76@mail.ru

Симдянкин Аркадий Анатольевич, профессор кафедры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор. ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-6710-490X>. E-mail: seun2006@mail.ru

Лимаренко Николай Владимирович, заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-5166>. E-mail: eeia.rgatu@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-47

TECHNOLOGIES OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR DETERMINING THE VOLUME OF UNUSED LANDS ON THE IRRIGATION SYSTEMS OF THE LEFT BANK OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR

**V.S. Bocharnikov, O.A. Korchagina, A.V. Soloviev, S.S. Marchenko,
O.A. Matveeva, V.I. Kuznetsov, A.A. Bondarenko**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 01.07.2022

Submitted 30.08.2022

*The research was commissioned by the Ministry of Agriculture of Russia in 2022
(EGISU NI-OKTR No. 122051900018-7)*

Summary

The paper presents the results of determining the volume of unused land in the zone of possible irrigation of irrigation systems on the example of the Zavolzhskaya and Kislovskaya State Irrigation Systems of the Volgograd Trans-Volga region.

Abstract

Introduction. Unused lands, due to the development of degradation processes and flora and fauna harmful to the surrounding lands, have an extremely negative impact on the state of agricultural landscapes, therefore, work aimed at identifying them in order to further involve them in agricultural circulation is relevant.

Object. The object of the study is the state irrigation systems of the Volgograd Trans-Volga region. The purpose of the work is to determine the volume of unused land in the zone of possible irrigation of the irrigation systems of the Volgograd Trans-Volga region on the example of the Kislovskaya and Zavolzhskaya State Irrigation Systems. **Materials and methods.** The method of Geographic Information Research, which implies the use of the functionality of Geographic Information Systems for the study of spatially

distributed data, was adopted as the main method for performing the work. **Results and conclusions.** Based on the data on the projected area of irrigation and actual data on the volume of irrigated land, the parameters for constructing buffer zones around the main canals of irrigation systems, taken as a possible irrigation zone, were calculated. Based on data from the Unified State Register of Real Estate, the contours and location of land plots were determined, each of which, according to the criteria set out in the relevant Government Decree, was classified as used or unused. As a result, map layers were obtained, according to which the areas of unused lands were calculated using Geographic Information System tools. The volume of unused land for research objects is 19%.

Key words: *unused lands, irrigation system, Geographic Information Method, Geographic Information System.*

Citation. Bocharnikov V.S., Korchagina O.A., Soloviev A.V., Marchenko S.S., Matveeva O.A., Kuznetsov V.I., Bondarenko A.A. Technologies of *Geographic Information Systems* for determining the volume of unused lands on the irrigation systems of the left bank of the Volgograd reservoir. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 415-423 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-47.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the collection and preparation of material, calculations and analysis of the results of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 528.44:631.6

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

О. А. Корчагина, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. Соловьев, кандидат технических наук

С. С. Марченко, кандидат технических наук

О. А. Матвеева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В. И. Кузнецов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Бондаренко, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.07.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

*Исследования выполнены по заказу Минсельхоза России в 2022 году
(ЕГИСУ НИОКТР № 122051900018-7)*

Актуальность. В работе представлены результаты определения объемов неиспользуемых земель в зоне возможного орошения оросительных систем на примере Заволжской и Кисловской государственных оросительных систем Заволжья Волгоградской области. **Актуальность.** Неиспользуемые земли, вследствие развития деградационных процессов и вредной для окружающих земель флоры и фауны на них, оказывают крайне негативное влияние на состояние агроландшафтов, поэтому работы, направленные на их выявление с целью дальнейшего вовлечения в сельскохозяйственный оборот, являются актуальными. **Объект.** Объектом исследования являются государственные оросительные системы Волгоградского Заволжья. **Цель** работы состоит в определении объемов неиспользуемых земель в зоне возможного орошения оросительных систем Волгоградского Заволжья на примере Кисловской и Заволжской государственных оросительных систем. **Материалы и методы.** В качестве основного для выполнения работы принят метод геоинформационного исследования, подразумевающий использование функционала геоинформационных систем для изучения пространственно-распределенных дан-

ных. **Результаты и выводы.** На основании данных о проектной площади орошения и актуальных данных объемов орошаемых земель были вычислены параметры для построения буферных зон вокруг магистральных каналов оросительных систем, принятые за возможную зону орошения. На основании данных ЕГРН определены контуры и местоположение земельных участков, каждый из которых по критериям, изложенным в соответствующем Постановлении Правительства, был отнесен к используемым или неиспользуемым. В результате получены слои карты, по которым средствами ГИС вычислены площади неиспользуемых земель. Объем неиспользуемых земель для объектов исследования составляет 19%.

Ключевые слова: неиспользуемые земли, оросительные системы, геоинформационные методы, ГИС-технологии.

Цитирование. Бочарников В. С., Корчагина О. А., Соловьев А. В., Марченко С. С., Матвеева О. А., Кузнецов В. И., Бондаренко А. А. ГИС-технологии для определения объемов неиспользуемых земель на оросительных системах левобережья Волгоградского водохранилища. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 415-423. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-47.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе и подготовке материала, проведении расчетов и анализе результатов данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Орошение сельскохозяйственных угодий в условиях климата Волгоградской области – общепризнанный фактор устойчивости земледелия, наращивания объемов сельскохозяйственного производства. Увеличение получаемой сельскохозяйственной продукции и нейтрализация негативного влияния засух, особенно на юге Российской Федерации, можно достичь только на основе оросительных мелиораций, для осуществления которых во времена Советского Союза были созданы государственные оросительные системы [5, 15].

На территории Волгоградской области находятся семнадцать государственных оросительных и оросительно-обводнительных систем, причем в Левобережной зоне восемь из них. Наличие орошаемых земель в Заволжье под государственными системами составляет чуть более 34 тыс. га.

Огромной проблемой всей страны в целом, и в частности в зоне возможного орошения оросительных систем Волгоградского Заволжья, являются «брошенные земли» [10].

Острота проблемы «брошенных земель» заключается в том, что на неиспользуемых землях происходит деградация, земли эродированы, в них развиваются негативные процессы переувлажнения, происходит залесение, закустаренность, образование кочек. Контуры земель размываются, их форма нарушается, увеличивается засоренность сорняковой растительностью, происходит развитие негативной фауны.

Земельный участок считается неиспользуемым (брошенным), если он не используется в течение трех и более лет подряд со дня возникновения права собственности [8]. При этом Правительством РФ четко обозначены признаки, согласно которым участок признается неиспользуемым [7].

Естественно, наличие достоверной и полной информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения позволяет принять рациональные управленческие решения в сфере АПК, нацеленные на развитие сельского хозяйства и обеспечивающие эффективное использование земель сельскохозяйственного назначения. Но вместе с тем подобного рода данные, хранящиеся в государственных информационных системах, в силу ряда причин [4], далеко не полные.

Целью работы является определение объемов неиспользуемых земель в зоне возможного орошения оросительных систем Волгоградского Заволжья на примере Кисловской и Заволжской государственных оросительных систем.

Вовлечение бесхозных и неиспользуемых мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот позволит увеличить площадь орошаемых земель и приведет к повышению эффективности работы государственных оросительных систем Волгоградского Заволжья [12, 14].

Таким образом, научно-исследовательские работы, связанные с определением объемов неиспользуемых и бесхозных земель, представляют практический интерес и актуальность их несомненна [16].

Материалы и методы. В исследовании применялись общенаучные методы познания, такие как анализ и синтез различных уровней с применением апробированных методов.

Согласно примечанию 1 Постановления Правительства РФ [7], основанием для отнесения земельных участков к неиспользуемым являются данные о площадях и местонахождении, содержащиеся в сведениях Единого государственного реестра недвижимости.

Сведения о площадях и местоположении участков являются, прежде всего, пространственно-распределенной информацией, поэтому для выполнения исследования выбран геоинформационный метод исследования, подразумевающий использование инструментария географических информационных систем (ГИС), находящихся на стыке различных сфер науки [2, 11].

В качестве основного инструмента, из-за его широкого функционала и бесплатной модели распространения и использования, был выбран QGIS.

Для выполнения работы был поставлен ряд взаимосвязанных задач:

1. Определение зоны влияния оросительных систем на основе пространственного расположения магистральных каналов и данных о проектной площади орошения с учетом современных технологий орошения.

2. Получение данных Публичной кадастровой карты, которая является инструментом для взаимодействия с Единым государственным реестром недвижимости.

3. Формирование средствами ГИС карты из слоев по государственным оросительным системам Заволжья с данными о местоположении и контурах земельных участков в соответствии с данными ЕГРН.

4. Выделение участков в соответствии с признаками неиспользуемых земель.

5. Определение объемов неиспользуемых земель средствами ГИС.

Определение зоны влияния оросительных систем производилось на основании координатных данных о магистральных каналах оросительных систем и данных о проектной мощности, коэффициентов использования земель и структуры использования земельного фонда. С учетом этих данных определялись параметры для построения буферной зоны вокруг магистральных каналов, которая и дает представление о протяженности зоны возможного орошения оросительной системы.

Данные Публичной кадастровой карты загружены в QGIS с использованием WMS-подключения из инструментария QGIS. При этом следует отметить, что данные о земельных участках доступны не во всех масштабах и отображаются только при значительном увеличении масштаба. Кроме того, из-за специфики протоколов обмена данными с сервером Росреестра, в QGIS затруднено получение атрибутивной информации об объектах карты, но самая важная информация о кадастровых номерах отображается корректно. Для реализации целей исследования нужные участки были оцифрованы средствами самой ГИС.

Основой для выделения неиспользуемых земельных участков являлись открытые сведения ДЗЗ, данные, предоставленные ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз», администрациями районов Волгоградского Заволжья, кадастровыми инженерами.

Подсчет объемов неиспользуемых и бесхозяйственных земель производился по слоям созданной карты средствами QGIS, с использованием функций автоматического определения и суммирования площадей и заполнением атрибутивных таблиц полученными данными.

Результаты и обсуждение. Для определения протяженности зоны возможного орошения государственной оросительной системы воспользуемся сведениями о ее мощности, указанной в проектной документации. Так, например, для Кисловской и Заволжской государственных оросительных систем эта величина составляет суммарно 37,5 тыс. га. Необходимо отметить, что данная площадь подразумевает использование, в качестве основной технологии орошения дождевания. Между тем в последние годы у сельхозтоваропроизводителей происходит явное смещение акцентов к использованию более экономичных и менее ресурсоемких технологий регулирования водного режима, таких как капельное орошение [7].

Известно, что при дождевании большое количество воды теряется на испарение, также потери обусловлены образованием поверхностного стока. По данным разных источников, в плане использования поливной воды капельное орошение на 20-40 % эффективнее дождевания [4, 14].

Таким образом, условно можно предположить, что при подавляющем использовании современных ресурсосберегающих технологий орошения мощность оросительной системы, которая проектировалась с учетом дождевания как основной технологии регулирования водного режима, может быть увеличена на 20-30 % и составит, в случае Кисловской и Заволжской оросительных систем, примерно 45-48,8 тыс. га. Зная длину магистральных каналов системы, которая составляет чуть более 200 км, можно вычислить размер буферной зоны, которая составит более 2 км.

Известно, что в настоящее время регулярное орошение применяется примерно на 25-30 % площадей оросительных систем [12, 16]. Используя эти данные, можно рассмотреть такой сценарий, при котором на каком-либо участке оросительной системы будут задействованы гораздо большие площади по сравнению со случаем штатной работы оросительной системы. То есть, если в начале магистрального канала существует мощное хозяйство, то большая часть подаваемого объема оросительной воды может быть использована им, при условии, что последующие земли не орошаются. Из этих соображений размер буферной зоны, отражающий возможную площадь орошения, следует увеличить в 2-2,5 раза. В нашем исследовании размер буферной зоны вокруг магистральных каналов оросительной системы принят равным 4,5 км (рис. 1).

Следующим этапом исследования было получение данных контуров и площадей участков земли по сведениям ЕГРН, которые получены по данным Публичной кадастровой карты [адрес ПКК] средствами оцифровки растров QGIS (рис. 2). В качестве хранилища данных использован слой, организованный как shape-файл с названием, состоящим из наименования государственной оросительной системы и фразы, указывающей на содержимое слоя, например: «Кисловская ООС – участки земли».

В соответствии с задачами исследования, используя доступные источники данных, в дальнейшем в отдельный слой были выделены участки земли, обладающие признаками, присущими неиспользуемым землям. Такие признаки, например, можно определять по космическим снимкам (рис. 3) [3, 13]. Следует отметить, что оптимально – использование космических снимков 1-2 летней давности, дату снимков можно опре-

делить, используя интернет-сервисы и ресурсы [1, 6, 9]. Так, даты снимков, предоставляемые сервисом «Яндекс.Карты», можно определить в редакторе карт «Народная карта», включив соответствующую опцию панели инструментов.

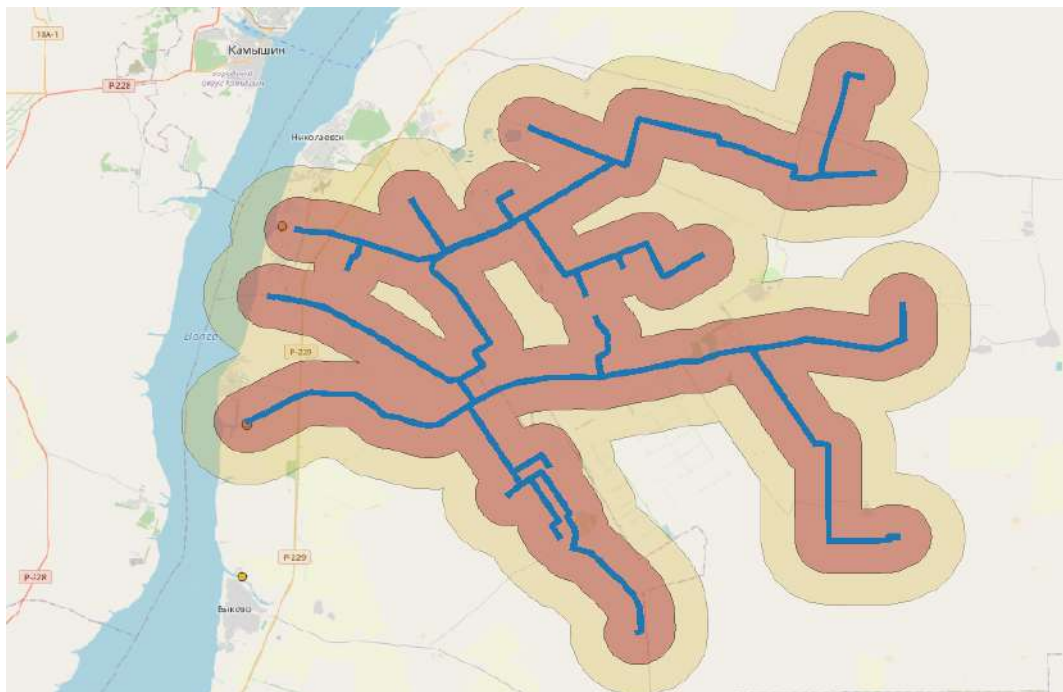


Рисунок 1 – Зоны возможного орошения Заволжской и Кисловской государственных оросительных систем по сценариям использования

Figure 1 – Zones of possible irrigation of the Zavolzhskaya and Kislovskaya state irrigation systems according to use scenarios

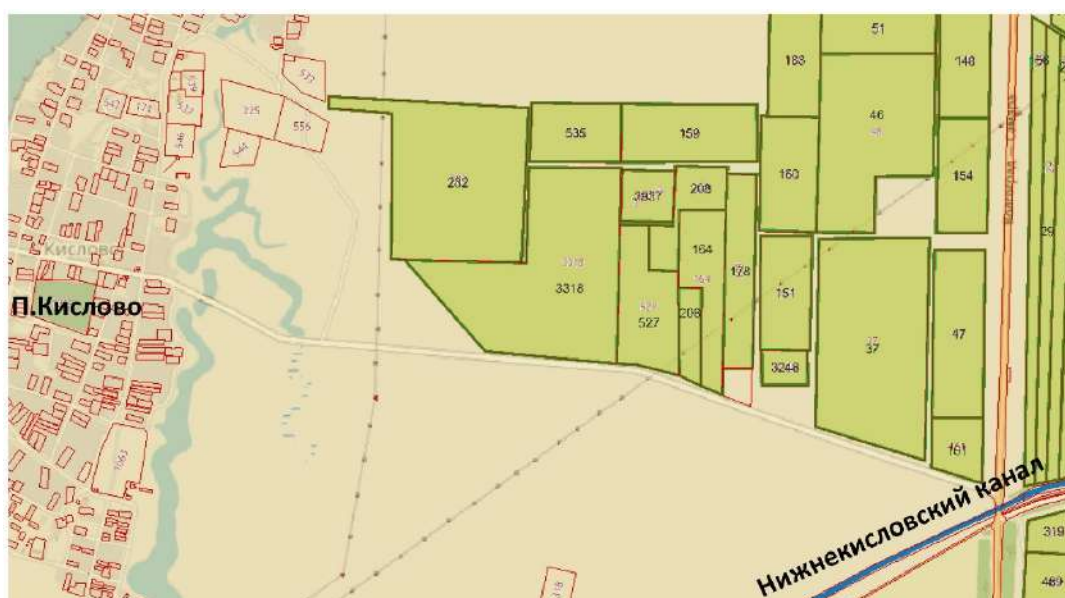


Рисунок 2 – Сведения о контурах и площадях земельных участков по данным ЕГРН в окрестностях п. Кислово

Figure 2 – Information about the contours and areas of land plots according to the Unified State Register of Real Estate in the vicinity of the village of Kislovo

Большая часть данных космических снимков относится к 2020-2021 году, самые удаленные от населенных пунктов территории снимались в 2015-2018 гг. Устаревшие данные дополнялись сведениями, предоставленными ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз». Результирующая карта со сведениями о наличии неиспользуемых земель представлена на рис. 3, а данные по объемам в таблице 1.

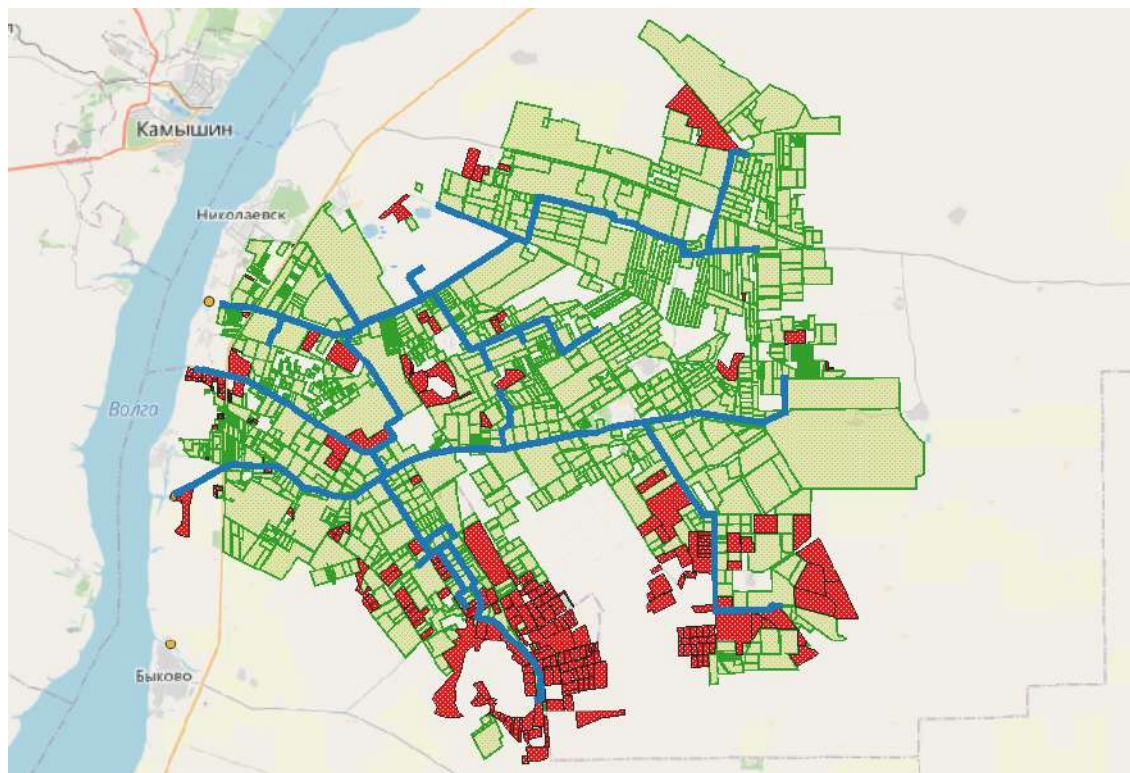


Рисунок 3 – Сведения о наличии неиспользуемых земель в зоне возможного орошения
Кисловской и Заволжской оросительных систем

Figure 3 – Information on the presence of unused land in the zone of possible irrigation
of the Kislovskaya and Zavolzhskaya irrigation systems

Картографическое представление данных о неиспользуемых землях на исследуемых оросительных системах наглядно показывает, что минимальное количество таких земельных участков находится на начальных сегментах магистральных каналов, и для Кисловской государственной оросительной системы увеличивается к конечным сегментам, что, в частности, может говорить об износе мелиоративной инфраструктуры, что не позволяет эффективно транспортировать необходимые объемы оросительной воды.

Таблица 1 – Сведения о наличии неиспользуемых земель на Кисловской и Заволжской оросительных системах

Table 1 – Information on the availability of unused land in the Kislovskaya and Zavolzhskaya irrigation systems

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Количество
1	Количество участков по сведениям ЕГРН	шт.	1506
2	Площадь участков по сведениям ЕГРН	тыс. га	80,7
3	Количество неиспользуемых участков	шт.	279
4	Площадь неиспользуемых участков	тыс. га	15,4
5	Доля неиспользуемых участков	%	19

Выводы. Проведенные исследования дают представление об объемах неиспользуемых земель в зоне возможного орошения оросительных систем Волгоградского Заволжья, при этом выявлено, что таких земель на территории Кисловской и Заволжской государственных оросительных систем около 19 %. Расположение неиспользуемых участков дает возможность предположить, что их наличие связано с ухудшением материально-технического состояния водоводов. Данная информация может быть использована органами власти и руководством оросительных систем в качестве основы для принятия обоснованных управленческих решений в области развития орошаемого земледелия Волгоградской области.

Библиографический список

1. Акифьев И. В., Волкова Ю. С. ГИС-технологии на современном этапе развития землеустройства // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2022. № 2 (39). С. 126-130.
2. Алферина А. В., Тесленок С. А. ГИС-технологии в управлении земельными ресурсами (на примере ООО "Агросоюз - Красное Сельцо") // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 3 (15). С. 71-82.
3. Аспекты использования технологии ГИС в пчеловодстве Крыма / А. В. Ивашов, Т. О. Быкова, В. Н. Саттаров, А. Г. Маннапов // Пчеловодство. 2019. № 1. С. 10-12.
4. Воробьев А. В. Проблемы изъятия и учета неиспользуемой пашни, в составе земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области // Тенденции развития науки и образования. 2017. № 29-2. С. 44-47.
5. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия / В. С. Бочарников, О. В. Козинская, М. А. Денисова, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020 № 2 (58). С. 319-327.
6. Карабаева Т. М., Гофиров А. Ж. Обследование и картографирование земельных ресурсов с использованием ГИС технологии // Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 1. С. 47-49.
7. О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1482. СПС КонсультантПлюс.
8. Об обороте земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 24 июля 2002 г. N 101-ФЗ. СПС КонсультантПлюс.
9. Петров Я. А. О технологии управления георисками в природно-технических системах для ГИС поддержки принятия решений // Естественные и технические науки. 2018. № 10 (124). С. 125-129.
10. Проблема неиспользуемых земель в Российской Федерации и пути ее решения / В. Н. Семочкин, П. И. Шаров, М. Р. Шадманов, К. А. Зименкова // Московский экономический журнал. 2020. № 3. С. 7.
11. Роль технологии географических информационных систем (ГИС-технологии) в современном мире / Г. Е. Кокиева, Ю. Ж. Дондоков, Т. А. Никонова, Т. Д. Румянцева, Г. В. Вилтракис // Наука и образование: новое время. 2019. № 1 (30). С. 42-46.
12. Соловьев А. В. Состояние и перспективы развития мелиорации в Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2018. № 1. С. 7-8.
13. Хабаров Д. А., Кривичев А. И. Разработка методики выявления неиспользуемых пахотных земель по материалам многозональных космических съемок // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 1 (67). С. 15-20.
14. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, J. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. 2022. P. 012008.

15. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, J. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

16. Technology for preparation of contaminated water from poultry farms for irrigation / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 012034.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, телефон: 8 (8442)41-17-84, ORCID: <https://orcid.org/>, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Корчагина Ольга Александровна, декан эколого-мелиоративного факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26) кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: olga_kula@mail.ru, телефон: 8(927)068-33-37

Соловьев Александр Витальевич, доцент кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, e-mail: 34asolo@gmail.com, 8 (8442)41-17-84

Марченко Сергей Сергеевич, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, e-mail: marchenkosergey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99

Матвеева Ольга Александровна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: matveeva_volgau@mail.ru, телефон: 8(906)169-12-95

Кузнецов Валерий Иванович, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: valeriy_kuznecov19@mail.ru, телефон: 8(927)507-72-45

Бондаренко Анастасия Анатольевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: anastasi91994@mail.ru, телефон: 8(909)380-64-66

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-48

HIGHLY EFFICIENT COMPLEX FOR TILLAGE AND SOWING WITH SIMULTANEOUS APPLICATION OF LIQUID FERTILIZERS BY THE FDC INTEGRATOR UNIT

V.A. Milyutkin¹, A.S. Ovchinnikov²

¹Samara State Agrarian University», Samara

²Volgograd State Agrarian University», Volgograd

Received 20.07.2022

Submitted 18.08.2022

Abstract

Introduction. The progressive reformation of the agro-industrial complex of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation, which mainly ensures the country's food security and significant profitable export of agricultural products for Russia, is largely based on widely used highly efficient innovative technologies and innovative agricultural machinery to increase, in particular, and for by restoring soil fertility, productivity and quality of crop production. **Object.** Innovative integrating various technical and techno-

logical units of the leading agricultural machine-building enterprise in Russia for trailed equipment - Joint Stock Company «Eurotechnika» for tillage and sowing with simultaneous application of liquid mineral fertilizers (urea ammonia mixture, liquid complex fertilizers, solutions of solid fertilizers) FDC-6000 complex. **Materials and methods.** Expert, comparative, analytical evaluation of the design and technological advantages of the innovative soil-cultivating-fertilizing-sowing complex integrated with the FDC-6000 unit. A wide production assessment is also being carried out in various regions of the Russian Federation (at present, more than 200 copies of these complexes have been produced), since agrochemical measures are of great importance among the most demanded elements of technologies (the use of mineral fertilizers in liquid form with macro -, meso- and micro-elements: sulfur, boron, zinc, copper, etc.), and in terms of technology - combined saturated with basic technological operations - combined complexes. Moreover, the constructive-technological scheme of the unit should be optimal and provide the maximum possible conditions for the development and formation of the crop of cultivated crops. An example of such a solution is the FDC-6000 integrated unit for tillage and sowing with the simultaneous application of liquid and solid fertilizers, produced by Joint Stock Company «Eurotechnika» (Samara, Russia). **Results and conclusions.** The analysis of the features of innovative machines developed on the basis of the Joint Stock Company «Eurotechnika» and the effectiveness of various known and applied technologies for introducing also innovative liquid mineral fertilizers based on a carbamide-ammonia mixture of urea ammonia mixture with various meso- and microelements of the Public Joint Stock Company «KuibyshevAzot» - main agricultural crops: spring wheat, winter wheat, corn, sunflower, soybeans. As a result, the most promising agrochemical methods for increasing the productivity of cultivated crops are substantiated, taking into account the characteristics of urea ammonia mixture fertilizers (three forms of nitrogen) surface-by-leaf and foliar top dressing, as well as intrasoil-combined soil-cultivating and seeding units, as well as injector liquidizers.

Key words: crops, productivity, innovations, technologies, agrochemistry, fertilizers, integrator, combined aggregates, application.

Citation. Milyutkin V.A., Ovchinnikov E.S. Highly efficient complex for tillage and sowing with simultaneous application of liquid fertilizers by the FDC integrator. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 423-432 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-48.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have familiarized themselves with the submitted final variant and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interests.

УДК 631.334

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ АГРЕГАТОМ–ИНТЕГРАТОРОМ FDC

В. А. Милюткин¹, доктор технических наук, профессор

А. С. Овчинников², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

¹ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.07.2022

Дата принятия к печати 18.08.2022

Актуальность. Прогрессивное реформирование агропромышленного комплекса – АПК РФ, обеспечивающее в основном продовольственную безопасность страны и значительный прибыльный для России экспорт сельскохозяйственной продукции, во многом основано на широко используемых высокоэффективных инновационных технологиях и инновационной сельскохозяйственной технике для повышения, в частности и за счет восстановления плодородия почвы, урожайности и качества растениеводческой продукции. **Объект исследований.** Комплекс FDC-6000 для обработки почвы и посева с одновременным внесением жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, растворы твердых удобрений), созданный на инновационном интегрирующем различных технико-технологических агрегатов ведущем в России сельхозмашиностроительном предприятии по прицепной технике – АО «Евротехника». **Материалы и методы.** Экспертная, сравнительная, аналитическая

ская оценка конструктивных и технологических преимуществ инновационного почвообрабатывающе-удобрительно-посевого комплекса, интегрируемого агрегатом FDC-6000. Также проводится широкая производственная оценка в различных регионах РФ (в настоящее время данных комплексов произведено более 200 экземпляров), так как из наиболее востребованных элементов технологий большое значение имеют агрохимические мероприятия (применение минеральных удобрений в жидкой форме с макро-, мезо- и микроэлементами: сера, бор, цинк, медь и др.), а по технике – комбинированные, насыщенные основными технологическими операциями - комбинированные комплексы. Причем конструктивно-технологическая схема агрегата должна быть оптимальной и обеспечивать максимально-возможные условия для развития и формирования урожая возделываемых сельскохозяйственных культур. Примером такого решения является **интегрированный** агрегатом FDC-6000 комплекс для обработки почвы и посева с одновременным внесением жидких и твердых удобрений, производства АО «Евротехника» (г. Самара, Россия). **Результаты и выводы.** Проведен анализ особенностей разработанных на базе АО «Евротехника» инновационных машин и эффективность различных известных и применяемых технологий для внесения также инновационных жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси КАС с различными мезо- и микроэлементами ПАО «КуйбышевАзот» под основные сельскохозяйственные культуры: пшеница яровая, озимая, кукуруза, подсолнечник, соя. В результате обоснованы наиболее перспективные агрохимические приемы повышения продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур с учетом особенностей удобрений КАС (три формы азота) поверхностно-по «листу» и внекорневыми подкормками, а также внутрипочвенно-комбинированными почвообрабатывающими и сеялочными агрегатами, а также инъекторно-ликвилайзерами.

Ключевые слова: технологии посева сельхозкультур, инновационные технологии посева, агрохимия, жидкие удобрения, интеграторы, комбинированные агрегаты.

Цитирование. Милюткин В. А., Овчинников А. С. Высокоэффективный комплекс для обработки почвы и посева с одновременным внесением жидких удобрений агрегатом-интегратором FDC. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 423-432. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-48.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Черноземные почвы России, обладающие наивысшим плодородием, из 80 млн. га посевных площадей достигают 40% от общемирового состава. Угодья с наиболее благоприятными факторами для ведения сельского хозяйства, в том числе выращивания зерна, располагаются на Северном Кавказе, в Центральном Черноземье и Среднем и Нижнем Поволжье. В последние годы плодородие почв как в мире, так и в России неуклонно снижается, что требует повсеместного расширения культур - технических мероприятий и насыщение технологий инновационными агрохимическими мероприятиями [1, 3, 5, 10-12, 14]. Самарская область Поволжского региона благодаря широко развитой химической отрасли (ПАО «КуйбышевАзот, ПАО «Тольяттиазот» (г. Тольятти)) и современному сельхозмашиностроению-АО «Евротехника», ООО «Пегас-Агро» (г. Самара), ООО «Сельмаш» (г. Сызрань) имеет большой потенциал в целом для РФ по решению данной проблемы. Более 20 лет Самарский государственный аграрный университет сотрудничает с АО «Евротехника» по адаптации разрабатываемой и выпускаемой новейшей высокопроизводительной техники к часто повторяющимся засушливым условиям Поволжья [2, 15]. И не случайно по инициативе АО «Евротехника» и ПАО «КуйбышевАзот» Самарский ГАУ с 2018 года проводит исследования эффективности инновационных азотных жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси КАС-32 с мезо элементом - серой-S и другими макро-и микроэлементами на продуктивность и качество основных сельскохозяйственных культур [4, 6-9].

Материалы и методы. Жидкое азотное минеральное удобрение КАС имеет много преимущественных технологических свойств как за счет 3-х форм азота (нитратный – 8 %, аммонийный – 8 %, амидный – 16 %), обеспечивающих пролонгированное действие, так и за счет более удобной и технологичной жидкой формы. Дополнительным и очень важным преимущественным свойством жидкого удобрения КАС является возможность значительного повышения эффективности азотного (макроэлемент питания) удобрения за счет его насыщения дефицитными в природе и остро необходимыми для сельхозкультур мезоэлементом – сера-S и микроэлементами, в зависимости от культур: бор, цинк, медь и др. Данную работу с оценкой инновационных удобрений Самарского (г. Тольятти) предприятия ПАО «Куйбышев Азот» при постоянном их совершенствовании, как жидких КАС+S, так и твердых: традиционное - сульфат аммония и инновационные-карбамид+S и нитросульфат в течение 5 лет проводит Самарский ГАУ в Самарской области и регионах Поволжья (в Саратовской и Волгоградской областях) [4, 6-9].

Результаты и обсуждение. Исследование эффективности применения жидких удобрений на первом этапе проводилось известными техническими средствами - опрыскивателями (например, широкая линейка опрыскивателей АО «Евротехника» (г. Самара)), оборудованными специальными устройствами для внесения удобрений, исключая такой неблагоприятный фактор, как «ожог» растений удобрениями КАС за счет специальных крупнокапельных струйных и дефлекторных форсунок, как правило, на зерновых культурах в ранних стадиях их развития-кущение (рисунок 1).



Рисунок 1 – Опрыскиватель АО «Евротехника» для КАС-а); обработка посевов дефлекторными форсунками-б); работа крупнокапельных пятиструйных форсунок-в)

Figure 1 – Sprayer of JSC "Eurotechnika" for CAS-a); treatment of crops with deflector nozzles-b); operation of large-drop five-jet nozzles-c)

При внесении КАС в более поздние сроки развития сельхозкультур применяются шланги-удлинители для внекорневой подкормки (рисунок 2).



Рисунок 2: а, б-опрыскиватель АО «Евротехника» с удлинительными шлангами

Figure 2: a, b-sprayer of JSC "Eurotechnika" with extension hoses

Проведенные Самарским ГАУ исследования эффективности КАС в 2018-2021 годах показали значительное повышение урожайности основных сельскохозяйственных культур: яровая твердая пшеница, кукуруза, подсолнечник, соя (рисунок 3) [4, 6-9]. Так, в различные годы наших опытов (2018-2021 гг.) на всех исследованных культурах: пшеница яровая твердая, соя, кукуруза, подсолнечник, сложилась общая тенденция роста средней урожайности за пять лет от всех инновационных технологий применения КАС-32 с нормой внесения 75 кг азота N в действующем веществе (д.в.) однократно: перед посевом; мелко: перед посевом и внекорневая подкормка; а также в опытах с КАС+S (сера) с нормой 75 кг/га азота N и 0,18 кг/га серы-S (2,5-7,0 %) в действующем веществе (д.в.) перед посевом и внекорневая подкормка в сравнении с традиционными, широко используемыми твердыми азотными удобрениями – аммиачная селитра в том же азотном эквиваленте. По твердой яровой пшенице – это рост урожайности от 20 до 26 ц/га (30 %), по кукурузе – от 63 до 84 ц/га (33 %), по подсолнечнику – от 25 до 31 ц/га (48 %), по сое – от 17 до 25 ц/га (47 %). При таком значительном росте урожайности исследуемых культур от действия жидких азотных удобрений на основе КАС (КАС-32 и КАС+S) качество продукции не ухудшилось, а улучшилось, особенно мелкое внесение КАС на яровой твердой пшенице сорта «Марина» селекции Самарского НИИСХ в неблагоприятном по увлажнению 2021 году улучшило ее качество с III до I класс.

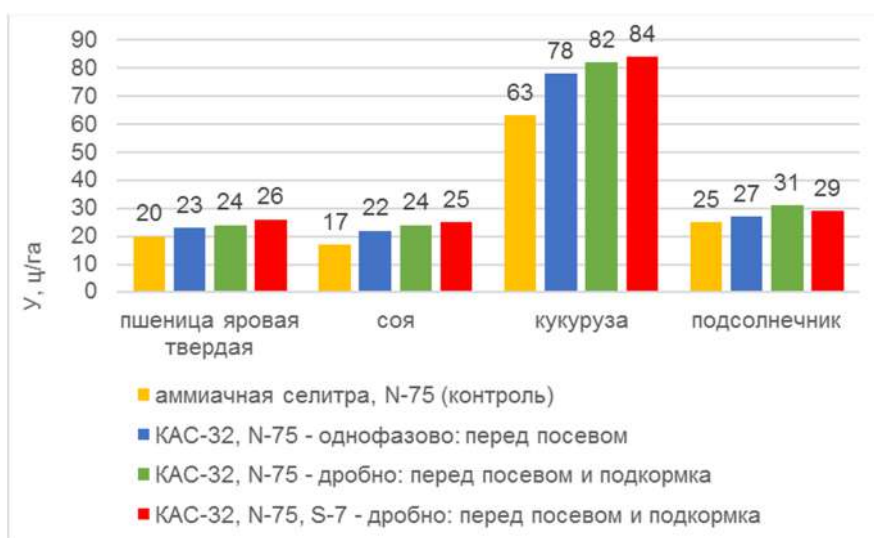


Рисунок 3 – Урожайность (ц/га): яровая твердая пшеница; соя; кукуруза; подсолнечник при внесении КАС в сравнении с аммиачной селитрой

Figure 3 – Yield (c/ha): spring durum wheat; soy; corn; sunflower when applying CAS in comparison with ammonium nitrate

Полученная высокая эффективность инновационных жидких азотных удобрений КАС при возделывании сельхозкультур с использованием достаточно простых широко применяемых в сельском хозяйстве опрыскивателей позволила ученым и сельхозмашиностроителям создать более сложные многофункциональные комбинированные агрегаты для внесения КАС значительно эффективнее-внутрипочвенно, как при обработке почвы, так и при посеве. В частности, к таким комбинированным агрегатам для посева зерновых и пропашных культур с одновременным внесением твердых и жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, растворов карбамида и др.) можно отнести «Horsche-Agro-Союз», «Быстрица» (рисунок 4) и др.



Рисунок 4 – Комбинированные агрегаты-сеялки для посева зерновых и пропашных культур с одновременным внесением жидких и твердых минеральных удобрений:

а) «Horsche-Agro-Союз», б) «Быстрица»

Figure 4 – Combined seeder units for sowing grain and row crops with simultaneous application of liquid and solid mineral fertilizers: a) "Horsche-Agro-Soyuz", b) "Bystritsa"

Однако более совершенным, с более широкими технологическими возможностями является на сегодня инновационный интегральный агрегатный комплекс, разработанный АО «Евротехника» - FDC-6000 (рисунок 5) с емкостями под КАС, ЖКУ и др. - 6000 л и системой подачи жидких удобрений к технологическим агрегатам: культиваторам, дисковым боронам, сеялкам АО «Евротехника» (рисунок 6).



Рисунок 5 – Агрегат FDC-6000 с основными рабочими узлами

Figure 5 – The FDC-6000 unit with the main working nodes

Однако более совершенным, с более широкими технологическими возможностями является на сегодня инновационный интегральный агрегатный комплекс, разработанный АО «Евротехника» - FDC-6000 (рисунок 5) с емкостями под КАС, ЖКУ и др. - 6000 л и системой подачи жидких удобрений к технологическим агрегатам: культиваторам, дисковым боронам, сеялкам АО «Евротехника» (рисунок 6).



а)



б)

Рисунок 6 - Агрегатирование FDC-6000: а)-с пропашной сеялкой EDX 9000-TC и зерновыми-Primera DMC 9000/12000, Condor 12000/15000; б)-сошник сеялки Primera DMC с продуктопроводом для карбамидно-аммиачной смеси-КАС

Figure 6- Aggregation of FDC-6000: а)-with an EDX 9000-TC seeder and grain-Primera DMC 9000/12000, Condor 12000/15000; б)-a Primera DMC seeder coulter with a product pipeline for carbamide-ammonia mixture-CAS

Принятый нами термин «**интегральный агрегат**» для FDC-6000 соответствует классическому определению: «**интегратор** - орган, который обеспечивает, осуществляет сборку интегрированной производственной системы и несет ответственность за интересы управления и взаимоувязку системы управления», также данный термин имеет

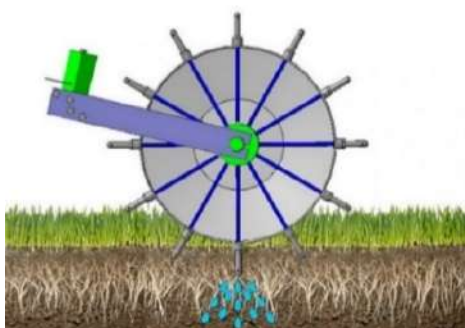
синонимы в соответствии с «Орфографическим словарем русского языка»: единый, неразрывно связанный, совокупный, цельный. Агрегат FDC-6000 на собственной ходовой раме с прицепным и навесным устройствами для агрегатирования с различными сельхозмашинами фирмы АО «Евротехника»: сеялками Primer DMC (рис. 6), Condor с подачей жидких удобрений внутрипочвенно за долотовидные сошники для посева зерновых культур по традиционной технологии и энергоресурсо-влагосберегающих-No-Till и Mini-Till, а также сеялкой точного высева EDX в открытую дисковыми сошниками зону для посева пропашных культур (рисунок 6).

При внесении почвообрабатывающими агрегатами – дисковыми боронами средними Catros и тяжелыми Certos КАС через форсунки, установленными перед дисками, впрыскивается КАС в верхний обработанный почвенный слой и - зерновых культур по традиционной технологии и энерго-ресурсо-влагосберегающих - NO-Till и MINI-Till, а также сеялками точного высева EDX в открытую дисковыми сошниками зону для посева пропашных культур.

Для внесения жидких удобрений при обработке почвы дисковыми боронами средними Catros и тяжелыми Certos АО «Евротехника» оборудовала их распылителями-форсунками, установленными перед дисками и всprysкивающими КАС в верхний обработанный рабочими органами почвенный слой и – внутрипочвенно, на различную глубину рыхлящими рабочими органами внутрипочвенно культиватором Senius, а также внутрипочвенно инновационным агрегатом-ликвилайзером шириной захвата 13 м (рисунок 7).



а)



б)



в)

Рисунок 7 – Агрегат ликвилайзер с FDC-6000 для внесения жидких удобрений (АО «Евротехника»): а) - ликвилайзер б) - технология внесения; в) - рабочие органы

Figure 7 – Liquilizer unit with FDC-6000 for applying liquid fertilizers (Eurotechnika JSC):

a) - liquilizer b) - application technology; c) - working bodies

В результате проведенных Самарским ГАУ исследований эффективности агрегата для внутрисочвенного-инъекторного внесения жидких удобрений КАС в сравнении с внесением КАС поверхностно-по «листу» в фазу кушения при норме внесения КАС+S (азота-N – 26 %; серы - 2,4 %) 200 л/га получена более высокая урожайность озимой пшеницы сорта «Базис» - на 20 % с 48,4 до 56,1 ц/га и на 40 % с 39,9 до 56,1 ц/га по сравнению с контролем (рисунок 8).

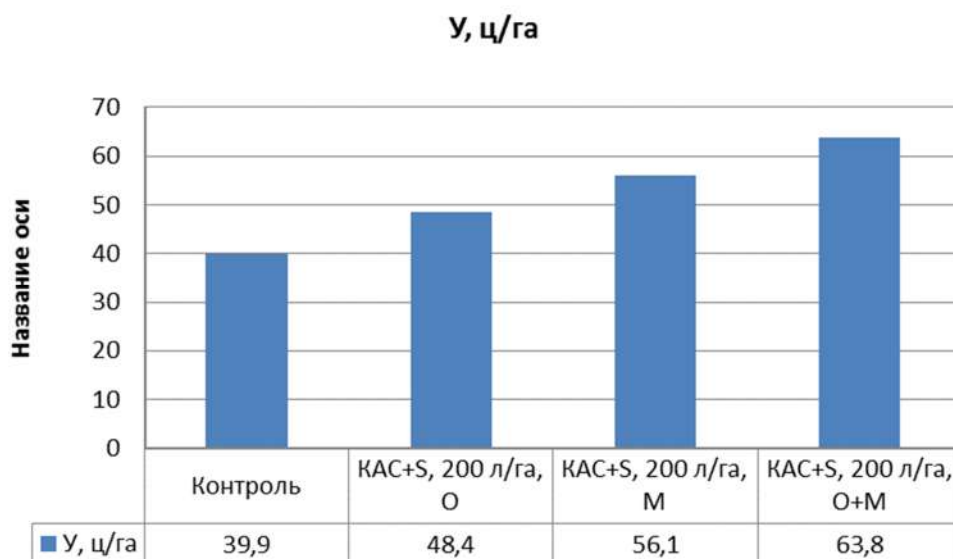


Рисунок 8- Урожайность (ц/га) озимой пшеницы «Базис» при применении жидких минеральных удобрений КАС+S ликвилайзером (М) и поверхностно опрыскивателем в фазу кушения (О) по сравнению с контролем-без удобрений

Figure 8 - Yield (c/ha) of winter wheat "Basis" when using liquid mineral fertilizers CAS+S liquilizer (M) and surface sprayer in the tillering phase (O) compared with the control-without fertilizers

При листовой обработке озимой пшеницы опрыскивателем в фазу кушения с одновременной внутрисочвенной обработкой мультиинжектором и опрыскивателем при нормах внесения 200+200 л/га урожайность составила 63,8 ц/га, что на 60% выше по сравнению с контролем (рисунок 7).

Выводы. Проведенными исследованиями доказано преимущественное влияние азотных жидких удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси КАС-32 на урожайность основных продовольственных культур – пшеница, подсолнечник, кукуруза, соя по сравнению с твердыми – аммиачная селитра, особенно в засушливых почвенно-климатических условиях, на что оказывают влияние различные факторы: жидкий вид КАС не зависит от влаги, как у твердых минеральных удобрений для их растворения; наличие в составе КАС трех форм азота: нитратная, аммонийная и амидная имеют пролонгированное действие удобрений; амидная форма азота, составляющая 16% в КАС-32, позволяет поглощать азот через листья растений, что усиливает эффект азотного питания; КАС вносится более точно и по различным технологиям, в том числе инновационным; особая ценность КАС производства ПАО «КуйбышевАзот» состоит в возможности добавления в него мезоэлемента серы-S и составления баковых смесей с макроэлементами и гербицидами с более высокой эффективностью от их применения.

Библиографический список

1. Айдаров И. П., Завалин А. А. Обоснование потребности сельскохозяйственных растений в азотных удобрениях в системе комплексных мелиораций земель //Агрохимия. 2017. № 5. С. 56-65.

2. Багринцева В. Н., Ивашенко И. Н. Влияние погодных условий в Ставропольском крае на эффективность доз азотных удобрений на кукурузе // *Агрохимия*. 2020. № 2. С. 77-83.
3. Завалин А. А., Соколов О. А. Азот и качество зерна пшеницы // *Плодородие*. 2018. № 1 (100). С. 14-17.
4. Исследование эффективности жидких азотных и азото-серосодержащих минеральных удобрений на урожайность и качество подсолнечника в засушливых условиях Приволжского федерального округа / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский, Г. В. Левченко // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 3. С. 73-77.
5. Мерзликин А. С. Ценовая политика, эффективность химизации сельскохозяйственного производства России // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2010. № 1. С. 45-54.
6. Милюткин В. А., Длужевский Н. Г., Длужевский О. Н. Техничко-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования // *АгроФорум*. 2020. № 2. С. 47-51.
7. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // *Техника и оборудование для села*. 2018. № 10. С. 16-21.
8. Милюткин В. А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении: монография. Кинель. Изд-во: ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021. 182 с.
9. Милюткин В. А., Милюткин А. В., Беляев М. А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энергосберегающих технологиях // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2011. № 4. С. 73-74.
10. Минеев В. Г. Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2011. № 1. С. 3-8.
11. Овчинников А. С., Иванова Н. В., Дятленко С. А. Оценка фактического состояния и тенденций развития рынка зернобобовых Волгоградской области в условиях импортозамещения // *Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Национальной научно-практической конференции*. Волгоград, 2017. С. 230-238.
12. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии / А. А. Завалин, Е. Н. Ефремов, А. А. Алферов, Л. Н. Самойлов, Л. С. Чернова, Г. Г. Благовещенская // *Агрохимия*. 2014. № 5. С. 20-26.
13. Прокопчук Р. Е., Беляев В. И. Энергооценка машинно-тракторных агрегатов для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021. № 3 (55). С. 71-75.
14. Состояние производства и применения жидких минеральных удобрений в сельском хозяйстве / Л. А. Марченко, Т. В. Мочкова, В. А. Колесникова, А. И. Козлова // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. № 6. С. 36-41.
15. Эффективность внекорневой подкормки кукурузы агрохимикатами / В. Н. Багринцева, В. В. Букарев, С. В. Никитин, М. А. Черкасова // *Кукуруза и сорго*. 2019. № 2. С. 3-8.

Информация об авторах

Милюткин Владимир Александрович, профессор кафедры «Технология производства и экспорта продукции из растительного сырья» ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет (446400, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная-14А), доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Почетный работник агропромышленного комплекса России, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Почетный профессор Волгоградской ГСХА, тел 8-927-264-41-88, e-mail: oiarr@mail.ru

Овчинников Алексей Семенович, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. E-mail: oas_volgau@mail.ru

MODERNIZATION OF THE FINELY DISPERSED SPRINKLER NOZZLE FOR PRODUCING ARTIFICIAL RAIN

O.V. Bocharnikova, V.S. Bocharnikov, O.V. Kozinskaya, M.A. Denisova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 13.05.2022

Submitted 01.09.2022

Summary

A fine sprinkler nozzle is considered – the nozzle design has been upgraded, which will reduce the dynamic effect of drops on the soil.

Abstract

Introduction. Increasing yields and reducing the dynamic impact of droplets on the soil is possible with the use of new or improved means of spraying water. One of the main issues facing manufacturers of sprinkler equipment is to increase its productivity, which contributes to reliable and trouble-free operation and minimize the cost of its production and, in particular, of components such as rain formers. Modernization of the means of spraying water can allow better use of irrigation water in finely dispersed sprinkling. Finely-dispersed sprinkling has a beneficial effect on the growing seasons of agricultural crops, and also helps to reduce irrigation water consumption. **Object.** The object of study is a finely dispersed sprinkler nozzle. **Materials and methods.** A constructive modernization of the finely dispersed sprinkler nozzle in the form of the bottom of a deflector made with a bend with a radius of 16 mm is given, while water outlets made in a checkerboard pattern are located on the upper and lower parts of the deflector. **Results and conclusions.** Using the proposed design of the finely dispersed sprinkler nozzle, an increase in the area of rain spraying is achieved by changing the type of deflector in which the water outlets are located in a checkerboard pattern, which leads to a decrease in the dynamic impact of drops on the soil. The fine rain formed by the nozzle is within the limits of agro-technical requirements when used on light chestnut soils.

Keywords: *sprinkler, a finely dispersed sprinkler nozzle, retrofit, rain spray.*

Citation. Bocharnikova O.V., Bocharnikov V.S., Kozinskaya O.V., Denisova M.A. Modernization of the finely dispersed sprinkler nozzle for artificial rain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 433-437 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-49.

Author's contribution. All authors of the current research took an inconsistent part in the planning, analysis and implementation of this research. All the authors of the actual article were marked and approved the presented final option.

Conflict of interest. The authors claim no conflict of interest.

УДК 631.347

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАЛЬНОГО НАСАДКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

О. В. Бочарникова, доктор технических наук, профессор

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М. А. Денисова, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.05.2022

Дата принятия к печати 01.09.2022

Аннотация. Рассмотрен мелкодисперсный дождевальная насадка – выполнена модернизация конструкции насадка, которая позволит снизить динамическое воздействие капель на почву.

Актуальность. Увеличение урожайности и уменьшение динамического воздействия капель на почву возможно при использовании новых или усовершенствованных средств распыления воды. Одним из основных вопросов, стоящих перед производителями дождевальной техники, является увеличение ее производительности способствующей надежной и бесперебойной работе и ми-

нимизация затрат на ее производство и в частности на комплектующие составляющие, такие как дождеобразующие устройства. Модернизация средств распыления воды может позволить более качественное использование оросительной воды при мелкодисперсном дождевании. Мелкодисперсное дождевание благоприятно воздействует на вегетационные периоды сельскохозяйственных культур, а также способствует уменьшению расхода оросительной воды. **Объект.** Объект исследования – мелкодисперсный дождевальная насадка. **Материалы и методы.** Приведена конструктивная модернизация мелкодисперсного дождевального насадка в виде дна дефлектора выполненного с изгибом радиусом 16 мм, при этом на верхней и нижней части дефлектора расположены водовыпускные отверстия, выполненные в шахматном порядке. **Результаты и выводы.** Использование в предложенной конструкции мелкодисперсного дождевального насадки позволяет увеличить площади распыления дождя за счет изменения вида дефлектора, в котором водовыпускные отверстия расположены в шахматном порядке, что приводит к снижению динамического воздействия капель на почву. Образующий насадком мелкодисперсный дождь находится в пределах агротехнических требований при использовании его на светло-каштановых почвах.

Ключевые слова: дождевание, мелкодисперсный дождевальная насадка, модернизация дождевальной техники, распыление дождя.

Цитирование: Бочарникова О. В., Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А. Модернизация мелкодисперсного дождевального насадка для получения искусственного дождя *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 433-437. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-49.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, анализе и выполнении данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дождевание как способ полива находит широкое применение как в Российской Федерации, так и за рубежом. Одним из основных вопросов, стоящих перед производителями дождевальной техники, является увеличение ее производительности, способствующей надежной и бесперебойной работе, и минимизация затрат на ее производство, и в частности на комплектующие составляющие, такие как дождеобразующие устройства (дождевальные насадки). Качество создаваемого ими дождя должно приближаться к естественному, а размеры капель струи зависят от скорости их движения и определяются исходя из предположения равенства давления в капле, вызываемого силами поверхностного натяжения и давления потока. Для равномерного увлажнения почвенного покрова нужно, чтобы отношение расхода дождевального аппарата к площади захвата было как можно меньше. На этот показатель влияет размер капель искусственного дождя, которые, падая на почву, уплотняют ее, а крупные капли разрушают агрегаты почвы и способны повреждать растения. В связи с этим нами была определена цель исследования, которая направлена на усовершенствование конструкции мелкодисперсного дождевателя для повышения эксплуатационной надежности, упрощения техобслуживания и повышения качества создаваемого дождя.

Материалы и методы. Насадки широко используются в технике. Существует множество различных насадков для разного типа дождевальных машин. Коноидальные насадки обладают высокими значениями коэффициентов скорости и расхода (0,97). Задачей данного исследования является разработка нового отечественного оборудования для оросительной техники способствующего снижению динамического воздействия капель на почву и увеличению площади распыления дождя. Известен насадок мелкодисперсный, состоящий из водоподводящего патрубка с полым корпусом и отверстиями, который переходит в дефлектор, выполненный в виде конфузора с водовыпускными отверстиями, при этом отверстия выполнены в нижней части конфузора до горизон-

тальной диаметральной плоскости, а во внутренней полости конфузора установлен винтовой направлятель потока, зафиксированный во внутренней полости конфузора упорной шайбой. Дефлектор закреплен с помощью резьбы на подводящем патрубке, резьба выполнена на втулке, приваренной к конфузору, конфузор в зависимости от необходимого расхода выполнен сменным рисунок 1.

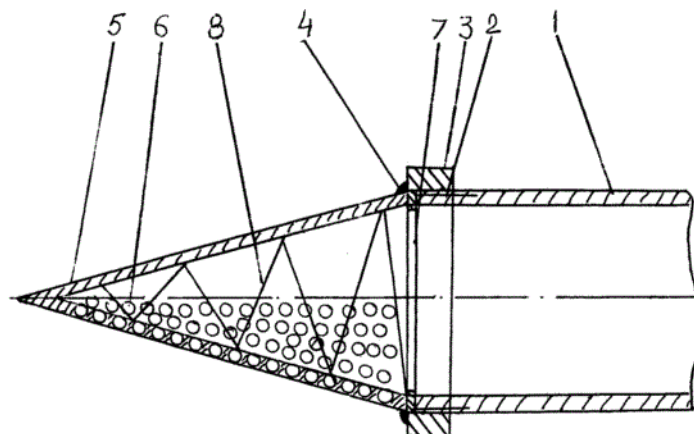


Рисунок 1 – Мелкодисперсный дождевальная насадка:

1 – подводящий патрубок, 2 – резьба, 3 – втулка, 4 – сварка, 5 – конфузор, 6 – водовыпускные отверстия, 7 – упорной шайбой, 8 – винтовой направлятель потока

Figure 1 – Fine sprinkler nozzle:

1 – inlet pipe, 2 – thread, 3 – sleeve, 4 – welding, 5 – confuser, 6 – water outlets, 7 – thrust washer, 8 – screw flow guide

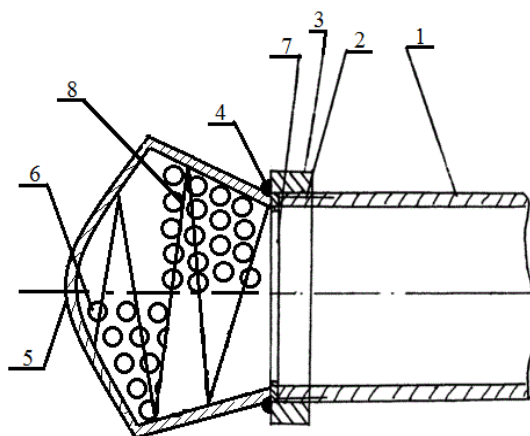


Рисунок 2 – Модернизированный мелкодисперсный насадок:

1 - подводящий патрубок, 2 – резьба, 3 – втулка, 4 – сварка, 5 – дефлектор с изгибом дна радиусом 16 мм, 6 - водовыпускные отверстия, 7 - упорной шайбой, 8 - винтовой направлятель потока

Figure 2 – Upgraded fine-dispersed nozzle:

1 - inlet pipe, 2 – thread, 3 – sleeve, 4 – welding, 5 – deflector with a bend of the bottom with a radius of 16 mm, 6 - water outlets, 7 - thrust washer, 8 - screw flow guide

Данная конструкция предполагает повышение надёжности конструкции, равномерного распыления дождя и упрощенности конструкции. Недостатком данной конструкции является не большая площадь распыления искусственного дождя, а также увеличено динамическое воздействие капель на почву.

Модернизация конструктивных элементов дождевального насадка заключается в том, что дно дефлектора выполнено с изгибом радиусом 16 мм, при этом на верхней и нижней части дефлектора расположены водовыпускные отверстия, выполненные в шахматном порядке рисунок 2.

Результаты и обсуждение. Модернизированная конструкция мелкодисперсного дождевального насадка работает следующим образом: вода из напорного трубопровода подается в подводный патрубок и направляется в дефлектор, в результате чего образующаяся струя лучше распадается на капли. При прохождении потока воды через винтовой направляющий водная струя приобретает ускорение, при котором возникают центробежные силы, пропорциональные радиусу вращения. Центробежные силы будут отбрасывать воду к периферии дефлектора и через отверстия распределять жидкость мелкодисперсно по поверхности орошаемого поля. Использование дефлектора, дно которого выполнено с изгибом радиусом 16 мм, с винтовым направляющим потоком обеспечивает получение мелкодисперсного дождевания, а размещение водовыпускных отверстий в шахматном порядке на верхней и нижней части дефлектора увеличивает площадь распыления дождя, что снижает динамическое воздействие капель на почву.

Струя в процессе полета разрушается на капли, диаметр которых зависит от начального диаметра струи и типа расщепителя. При распаде струи образуются группы капель различной крупности.

Исследование изменения диаметра капель, создаваемого насадкой вдоль радиуса полива в зависимости от давления, представлено на рисунке 3.

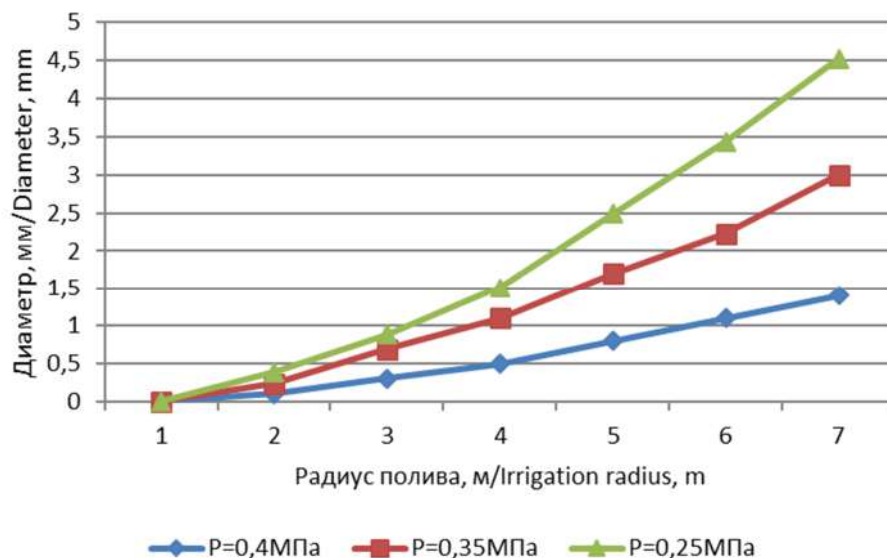


Рисунок 3 – Зависимость радиуса полива струи от давления
Figure 3 – Dependence of the jet irrigation radius on pressure

Испытания дождевальной насадки показали, что при снижении давления 0,15 МПа диаметр образующихся капель дождя увеличивается вдоль радиуса полива с 1,4 мм до 1,52 мм, средняя интенсивность дождя исследуемого насадка – 0,65 мм/мин. Как диаметр капель искусственного дождя, так и средняя интенсивность находятся в пределах, соответствующих требованиям, предъявляемым к дождевальным аппаратам.

Выводы. Таким образом, используя предложенную конструкцию мелкодисперсного дождевального насадка, достигаем увеличения площади распыления дождя за счет изменения вида дефлектора, в котором водовыпускные отверстия расположены в

шахматном порядке, что приводит к снижению динамического воздействия капель на почву. Образующий насадком мелкодисперсный дождь находится в пределах агротехнических требований при использовании его на светло-каштановых почвах.

Библиографический список

1. Влияние гидравлических параметров на качество орошения / Н. В. Кузнецова, Ю. В. Кузнецов, О. В. Козинская, М. А. Денисова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 73-83.
2. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия / В. С. Бочарников, О. В. Козинская, М. А. Денисова, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 319-327.
3. Повышение эффективности комбинированных способов орошения / А. С. Овчинников, М. Ю. Храбров, Н. Г. Колесова, С. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 231-241.
4. Слабунов В. В., Слабунова А. В., Куприянов А. А. Исследования характеристик дефлекторных насадок кругового типа // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 4. С. 29-34.
5. Bocharnikova O. V., Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Technology of preparation of natural waters for irrigation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. P. 012033.
6. Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems / C. O. R. Rovelo, N. Z. Ruiz, J. B. Tolosa, J. R. F. Félix, B. Latorre. 2019. No 11 (8). P. 1684.
7. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 012008.
8. Research and optimization of hydraulic characteristics of large-scale variable sprinkler irrigation machine based on PWM technology / J. Mo, X. Huang, W. Li, Y. Li // Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2020. № 36 (19). P. 76-85.
9. Technology for preparation of contaminated water from poultry farms for irrigation / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental. 2020. P. 012034.
10. Yurchenko I. F. Development of innovative management systems for agricultural production on reclaimed lands // Business. Education. Right. 2020. No 1 (50). P. 42-49.
11. Zverkov M., Olgarenko G. estimating raindrops sizes for research of irrigation equipment International // Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2020. No 3.1. P. 107-112.

Информация об авторе

Бочарникова Олеся Владимировна, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442)41-17-84 mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442)41-17-84 mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) кандидат технических наук, тел. 8 (8442)41-81-53 mail: masha2008-1988@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) кандидат технических наук, тел. 8 (8442)41-81-53 mail: kozinska1977@mail.ru.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE MODIFIED SORBENT ON TECHNOGENICALLY POLLUTED SOILS

**M. P. Mescheryakov, V. N. Havronina,
N. V. Kuznetsova, S. V. Tronev, E. G. Mescheryakova**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 30.05.2022

Submitted 12.07.2022

Summary

The upper humus horizons of the soil, the most valuable and fertile, as we know, are primarily exposed to the negative effects of various toxic components of the environment. Getting on the soil surface, pollutants, depending on the type and location of its horizons, accumulate in it at different depths, disrupting the main root layer. At the same time, if organic pollutants are capable of degrading, then metals do not possess such properties. Being in the soil, they have an extremely negative impact on adjacent environments - groundwater, plants, microorganisms, animals, humans. Soils contaminated with heavy metals lose their qualitative properties: its acidity increases, the ratio of nutrients is disturbed, the functioning of the soil microbiota is disturbed, the vegetation cover is degraded, etc. The use of natural sorbents in the course of recultivation of soils contaminated with heavy metals can effectively solve this problem. The soils of the city of Volgograd and the Volgograd region, including agricultural land adjacent to the urban area, to industrial areas, to major highways, experience a powerful technogenic load, pollutants settle on its surface as a result of atmospheric pollution, enter with sewage, introduction of various chemicals during agricultural work. The purpose of this work was to study the degree and time of extraction of heavy metal ions to the maximum allowable concentrations level from contaminated light chestnut medium loamy soils of the Volgograd region as a result of the introduction of a humic-mineral sorbent.

Abstract

Introduction. The main sources of soil pollution with heavy metals are industrial enterprises and motor transport. The technogenic load on soil ecosystems is increasing every year. Heavy metals such as zinc, lead, copper, nickel, cadmium, etc. they are strong ecotoxicants. Accumulating in soils, then in plant and animal organisms along the food chain, then getting into the human body, they can cause dangerous diseases. Therefore, the need to find and apply effective methods of cleaning and recultivation of soils from heavy metals is obvious. **Object.** Light chestnut soils of the city of Volgograd, Gorodishchensky, Svetloyarsky, Frolovsky district of the Volgograd region, located near large industrial enterprises, transport routes, including agricultural lands, are often treated with chemicals. The properties of a humic-mineral sorbent based on modified natural zeolite and humic acid used to extract heavy metals from disturbed soils were studied. **Materials and methods.** The research was carried out in accordance with modern methodological guidelines and requirements, in the process of writing the article, the materials of other authors dealing with the problem of recultivation and purification of soils from heavy metals as a result of the use of sorption methods for the extraction of pollutants were studied and used. **Results and conclusions.** As a result of the conducted research, a humic-mineral sorbent based on modified zeolite and a preparation of humic acid was obtained. The doses of its application to the soil were determined depending on the degree of its contamination, the dynamics of extraction of nickel, arsenic and copper from disturbed soils during reclamation measures with the introduction of humic-mineral sorbent was investigated. Statistical processing of the obtained experimental data was carried out, the presented graphical dependences of the studied processes were studied. In conclusion, conclusions are drawn about the expediency and effectiveness of using the developed drug for cleaning and restoring soils contaminated with heavy metals and recommendations are given on the method of its application.

Key words: *meliorant, natural sorbent, soil reclamation, heavy metals, humic acid, modified zeolite.*

Citation: Mescheryakov M.P., Havronina V.N., Kuznetsova N.V., Tronev S.V., Mescheryakova E.G. Evaluation of the effectiveness of the modified sorbent on technogenically polluted soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 438-445 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-50

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 628.16.067.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

М. П. Мещеряков, доктор технических наук, доцент

В. Н. Хавронина, кандидат технических наук, доцент

Н. В. Кузнецова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. В. Тронеv, доктор технических наук, доцент

Е. Г. Мещерякова, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 30.05.2022

Дата принятия к печати 12.07.2022

Актуальность. Основными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами являются промышленные предприятия и автотранспорт. Техногенная нагрузка на почвенные экосистемы возрастает с каждым годом. Тяжелые металлы, такие как цинк, свинец, медь, никель, кадмий и др., являются сильными экотоксикантами. Накапливаясь в почвах, а затем в растительных и животных организмах по пищевой цепи и далее попадая в организм человека, они способны вызывать опасные заболевания. Следовательно, необходимость поиска и применения эффективных способов очистки и рекультивации почв от тяжелых металлов очевидна. **Объект.** Светло-каштановые почвы г. Волгограда, Городищенского, Светлоярского, Фроловского районов Волгоградской области, расположенные вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, в том числе и сельскохозяйственные земли, подвергающиеся частой обработке химическими средствами. Исследовались свойства гуминово-минерального сорбента на основе модифицированного природного цеолита и гуминовой кислоты, применяемого для извлечения тяжелых металлов из нарушенных почв. **Материалы и методы.** Исследования проводились в соответствии с современными методическими указаниями и требованиями, в процессе написания статьи были изучены и использовались материалы других авторов, занимающихся проблемой рекультивации и очистки почв от тяжелых металлов в результате применения сорбционных способов извлечения поллютантов. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований был получен гуминово-минеральный сорбент (ГМС) на основе модифицированного цеолита и препарата гуминовой кислоты. Установлены дозы его внесения в почву в зависимости от степени ее загрязнения, исследована динамика извлечения никеля, мышьяка и меди из нарушенных почв при проведении рекультивационных мероприятий с внесением ГМС. Проведена статистическая обработка полученных экспериментальных данных, изучены представленные графические зависимости исследуемых процессов. В заключении сделаны выводы о целесообразности и эффективности применения разработанного препарата для очистки и восстановления почв, загрязненных тяжелыми металлами, и даны рекомендации о способе его применения.

Ключевые слова: мелиоранты, природные сорбенты, рекультивация почв, тяжелые металлы, гуминовая кислота, модифицированный цеолит.

Цитирование: Мещеряков М. П., Хавронина В. Н., Кузнецова Н. В., Тронеv С. В., Мещерякова Е. Г. Оценка эффективности применения модифицированного сорбента на техногенно загрязненных почвах. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 438-445. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-50.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Верхние гумусовые горизонты почвы, наиболее ценные и плодородные, как мы знаем, в первую очередь подвергаются негативному воздействию различных токсичных компонентов окружающей среды. Попадая на поверхность почвы, поллютанты в зависимости от типа и расположения ее горизонтов аккумулируются в ней на различной глубине, нарушая основной корнеобитаемый слой. При этом если органические загрязнители способны деградировать, то металлы такими свойствами не обладают. Находясь в почве, они оказывают крайне негативное влияние на сопредельные среды – подземные воды, растения, микроорганизмы, животных, человека [6, 9, 10, 14]. Почвы, подвергшиеся загрязнению тяжелыми металлами, теряют свои качественные свойства: увеличивается их кислотность, нарушается соотношение питательных элементов, нарушается функционирование почвенной микробиоты, происходит деградация растительного покрова и т.д. Использование природных сорбентов в ходе рекультивации загрязненных тяжелыми металлами почв способно эффективно решать эту проблему [1-3, 9].

Гуминовые препараты и цеолиты – это сорбенты-мелиоранты природного происхождения. Цеолиты – природные минералы – алюмосиликаты вулканического происхождения. Помимо сорбционных свойств, они оказывают мелиорирующие действие на почвы, улучшая их структуру, влаго- и воздухопроницаемость, стимулируют развитие полезной почвенной микробиоты. Устойчивость кристаллической решетки природных цеолитов к разрушению позволяет модифицировать их различными химическими способами, изменяя и улучшая их свойства, в зависимости от того, для решения какой задачи цеолиты будут использованы [4, 8, 13]. При обработке клиноптилолита растворами кислот увеличивается его сорбционная способность, этот эффект объясняется изменениями объема пор в процессе модификации. Установлено, что происходит увеличение удельной поверхности на 50 %, общего объема пор – на 46 %, объема мезопор – на 22 %, объема микропор – на 91 % [1, 2, 4, 6]. Гуминовые кислоты – это сложные органические соединения. Они способны образовывать в почве устойчивые водонерастворимые соединения с ионами тяжелых металлов, нейтрализуя их негативное воздействие на почвенную среду. В процессе поиска более эффективных решений для восстановления почв, нарушенных тяжелыми металлами, необходимо применять многокомпонентные препараты в процессе рекультивации. Почвы г. Волгограда и Волгоградской области, в том числе и земли сельскохозяйственного назначения, прилегающие к городской зоне, к промышленным территориям, к крупным автомагистралям, испытывают мощную техногенную нагрузку. Загрязнители оседают на ее поверхности в результате загрязнения атмосферы, попадают со сточными водами, при внесении различных химических веществ в ходе сельскохозяйственных работ [2, 4, 5, 11].

Целью настоящей работы стало изучение степени и времени извлечения ионов тяжелых металлов до уровня ПДК из загрязненных светло-каштановых среднесуглинистых почв Волгоградской области в результате внесения гуминово-минерального сорбента (ГМС).

Для выполнения поставленной цели были проведены лабораторные исследования для определения доз внесения в зависимости от степени загрязнения и времени восстановления почвы.

Материалы и методы. Объединенные почвенные пробы отбирали на территории г. Волгограда и Городищенского, Светлоярского, Фроловского районов Волгоградской области вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, исследовались в том числе и сельскохозяйственные земли. Отбор осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Превышение было обнаружено по следующим эле-

ментам: никель, медь и мышьяк, по ним и проводилась дальнейшая оценка. Эксперимент приводили в лаборатории ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Соблюдались трехкратная повторность, параллельно, измерения проводили каждые 10 дней, по результатам трех параллельных измерений в каждом опыте находили среднееарифметическое значение, которое учитывали как результат. Измерение содержания тяжелых металлов в почве осуществляли методом колориметрии. Полученные показатели содержания тяжелых металлов в очищаемой почве сравнивались со значениями ПДК, установленными в соответствии с ГН 2.1.7.2041—06. (таблица 1).

Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации никеля, меди и мышьяка в почве

Table 1 – Maximum permissible concentrations of nickel, copper and arsenic in the soil

Наименование тяжелого металла / Name of heavy metal		
ПДК в почве, мг/кг / Maximum permissible concentrations in soil, mg/kg		
Подвижная форма / Movable form		Валовая форма / Gross form
Никель (Ni)/ Nickel	Медь (Cu)/ Copper	Мышьяк (As)/ Arsenic
4,0	3,0	2,0

Рекультивацию почв, загрязненных тяжелыми металлами, проводили путем внесения ГМС, после чего почву рыхлили на глубину загрязнения. В качестве гуминово-минерального сорбента использовали природный цеолит фракцией 3-5 мм, с содержанием клиноптилолита 75-80 %, который предварительно модифицировали химическим реагентом, осуществляли отстаивание в течение 3 часов, осадок промывали и сушили до влажности не более 15 %, после чего перемешивали с порошкообразным гуминовым препаратом с содержанием гуминовых кислот 60-70 % в соотношении 1 : 30 и вносили дозой 130-160 г/кг загрязненной почвы, почву увлажняли до уровня 70-80 % наименьшей влагоемкости 3-5 раз за период рекультивации в течение 6-8 месяцев. В качестве химического реагента применяли 6 % раствора уксусной кислоты или 3 % раствора соляной кислоты. Время отстаивания смеси, природного цеолита в кислотном растворе – 3 часа – определено опытным путем и является достаточным для достижения необходимых параметров модификации, соответственно сокращение времени не позволяет их достичь, а увеличение не приводит к существенным изменениям характеристик сорбента.

Необходимость сушки модифицированного природного цеолита до влажности не более 15 % обусловлена трудностями, связанными с технологическим процессом приготовления гуминово-минеральной смеси и дальнейшим внесением в почву препарата с использованием технических средств, так как при большем уровне влажности материала происходит склеивание зерен природного цеолита. Высокий уровень влажности исходного материала также приводит к комкованию порошкообразного препарата гуминовой кислоты в процессе приготовления, что в конечном итоге снижает качество применяемого материала. Кроме того, при внесении препарата происходит его налипание в районе выходных отверстий, что затрудняет процесс внесения и отрицательно сказывается на равномерности распределения препарата в загрязненной почве.

Соотношение модифицированного природного цеолита и порошкообразного гуминового препарата 1 : 30 и дозы его внесения – 130-160 г/кг загрязненной почвы были подтверждены опытно-экспериментальным путем и являются достаточными и необходимыми, так как при их уменьшении снижается степень очистки почвы от тяжелых металлов, а увеличение отрицательно сказывается на физико-химических характеристиках почвы. Дозы внесения зависят от класса опасности загрязнителя в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 и уровня превышения степени загрязнения почвы по сравнению со значениями ПДК (таблица 2).

Таблица 2 – Дозы внесения ГМС в зависимости
от уровня превышения ПДК тяжелых металлов в почве

Table 2 – Doses of HMS application depending on the level of excess of MPC
of heavy metals in the soil

Класс опасности загрязнителя / Pollutant hazard class	Доза внесения гуминово-минерального препарата (г/кг), в зависимости от уровня превышения ПДК тяжелых металлов в почве/ The dose of application of humic-mineral preparation (g / kg), depending on the level of excess of MPC of heavy metals in the soil	
	Менее чем в 2 раза/ Less than 2 times	Более чем в 2 раза/ More than 2 times
1	150	160
2	130	150

Увлажняли почву после внесения мелиоранта 3-5 раз за период рекультивации до уровня 70-80 % наименьшей влагоемкости, при изменении количества поливов и необходимого уровня влажности почвы как в одну, так и в другую сторону, происходило замедление ремедиационной работы компонентов мелиоранта в почве.

Для сравнительной характеристики качественного состояния почв по уровню содержания того или иного металла нами был рассчитан коэффициент качественного состояния почвы по металлу (таблица 3):

$$K_m = \frac{N}{F}, \quad (1)$$

где N – значение ПДК металла в почве; F – фактическое значение содержания металла в почве [5, 7].

Как видно из отношения, значения фактического содержания загрязнителя в почве и коэффициента находятся в обратной зависимости, а в норме коэффициент должен быть > или =1.

Результаты и обсуждение. На основании проведенных исследований в таблице 3 представлены данные, полученные в результате применения ГМС для очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Анализ коэффициента качественного состояния почвы по металлам позволяет нам сделать вывод о том, что качество почвы не соответствовало норме по всем трем исследуемым загрязнителям, но самое неблагоприятное состояние почвы в изучаемых образцах наблюдалось по мышьяку – 0,28, менее всего было отклонение коэффициента от норматива по никелю – 0,4.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в почве
в ходе проведения рекультивационных работ

Table 3 – The content of heavy metals in the soil during reclamation works

Наименование загрязнителя / Name of the pollutant	K _m	Исходное загрязнение до рекультивации, (мг/кг) / Initial contamination before reclamation, mg/kg	Остаточное загрязнение после рекультивации, (мг/кг)/ Residual contamination after reclamation, mg/kg							
			через 1 месяц / After 1 month	через 2 месяца / through 2 months	через 3 месяца / after 3 months	через 4 месяца / after 4 months	через 5 месяцев / through 5 months	через 6 месяцев / through 6 months	через 7 месяцев / through 7 months	через 8 месяцев / through 8 months
Никель (Ni) / Nickel (Ni)	0,4	9,9	8,7	7,1	6,0	5,2	4,7	4,2	3,8	
Медь (Cu) / Copper (Cu)	0,38	7,8	6,2	5,3	4,5	3,9	3,3	3,0		
Мышьяк(As) / Arsenic (As)	0,28	7,1	6,3	5,6	4,8	3,7	3,0	2,6	2,2	1,9

Как видно из таблицы 3, значения в пределах ПДК быстрее всего были достигнуты по меди – через 6 месяцев после внесения ГМС и начала рекультивационных работ, несмотря на то что уровень содержания меди в почве был выше, чем мышьяка на 0,7 мг/кг, положительный результат по извлечению последнего был достигнут на 2 месяца позже. Самое высокое содержание в исследуемых образцах наблюдалось по никелю – 9,9 мг/кг почвы, при этом значение Км было самое благоприятное. Используемый гуминово-минеральный препарат при извлечении из нарушенной почвы данного тяжелого металла показал лучший результат по уровню сорбции: так через 3 месяца содержание никеля снизилось на 3,9 мг/кг, тогда как меди на 3,3 мг/кг, а мышьяка на 2,3 мг/кг. Уровень ПДК никеля в почве достигнут через 7 месяцев.

Динамика извлечения исследуемых загрязнителей из почвенных образцов, как видно на рисунке 1, была неравномерной. Наблюдалась общая тенденция более высокой сорбции на первоначальном этапе и ее замедления с течением времени. Это можно объяснить постепенным снижением сорбционной емкости внесенного препарата в процессе насыщения извлекаемыми поллютантами. Особенностью очистки почвы от мышьяка стало то, что уровень сорбции в результате применения ГМС был практически одинаковым на протяжении первых трех месяцев, на 4-м месяце наблюдалось ее увеличение, далее динамика замедлилась и практически равномерно распределилась в течение оставшегося периода, снижение скорости извлечения наблюдалось лишь в последний месяц перед достижением необходимого результата. По никелю и меди сразу степень извлечения была высокой, а далее происходило постепенное ее снижение.

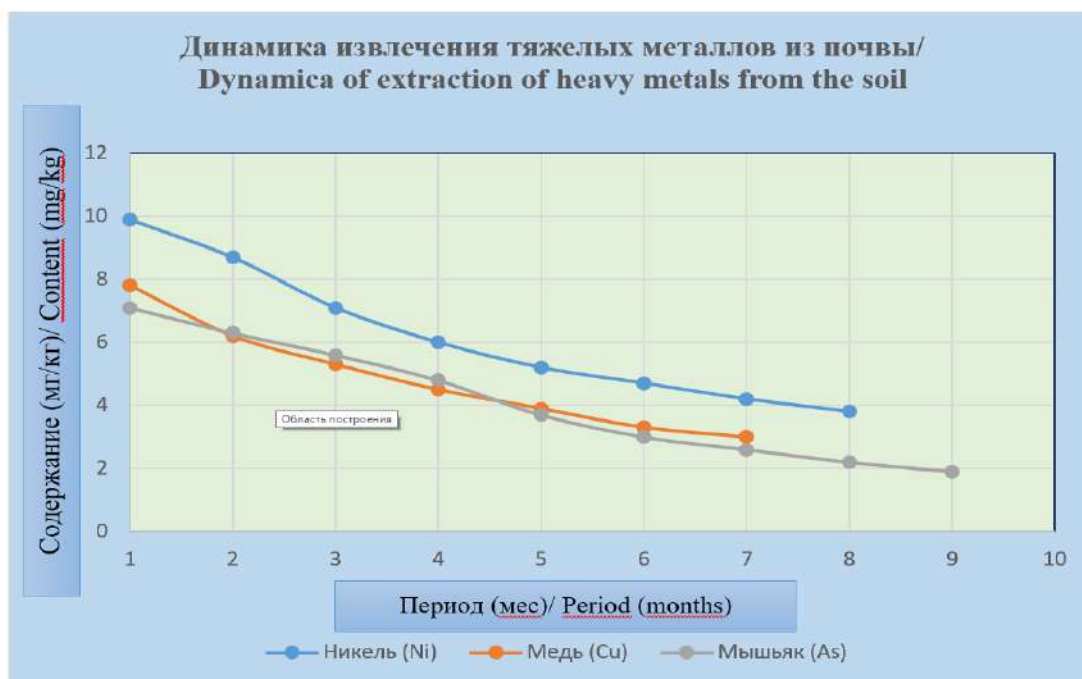


Рисунок 1 – Динамика извлечения тяжелых металлов из почвы в результате применения гуминово-минерального сорбента

Figure 1 – Dynamics of extraction of heavy metals from the soil as a result of the use of humic-mineral sorbent

Выводы. В ходе проведенных нами исследований:

1. Установлено наличие превышения в почвенных образцах относительно ПДК никеля (Ni) в 2,5 раза, меди (Cu) – в 2,6 раза, мышьяка (As) – в 3,6 раза.

2. Разработан новый гуминово-минеральный сорбент (ГМС) на основе цеолита и препарата гуминовой кислоты, проведена модификация природного цеолита при помощи химического реагента, в качестве которого выступал 3 % раствор соляной кислоты, в результате чего было достигнуто увеличение удельной поверхности минерала и общего объема пор на 41 %, что позволило увеличить сорбционные свойства препарата.

3. Разработан способ применения ГМС для очистки и рекультивации почв, нарушенных тяжелыми металлами.

4. Доказана эффективность применения ГМС, в результате которого в течение одного вегетационного периода произошло снижение содержания исследуемых поллютантов до ПДК: никеля (Ni) – через 7 месяцев на 62 %, меди (Cu) – через 6 месяцев на 62 %, мышьяка (As) – через 8 месяцев на 73 %.

Результаты проведенных исследований подтверждают эффективность применения разработанного нами гуминово-минерального сорбента для очистки и восстановления светло-каштановых среднесуглинистых почв Волгоградской области, загрязненных тяжелыми металлами.

Библиографический список

1. Байкенова Ю. Г. Приемы рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами (тм) // Вестник биотехнологии. 2021. № 2 (27).

2. Восстановление плодородия почв, подвергшихся техногенным нарушениям / В. Ф. Кирдин, В. В. Конончук, В. Д. Штырхунов, С. М. Тимошенко // Аграрная Россия. 2022. № 2. С. 8-12.

3. Высоцкий С. П., Фрунзе О. В. Технология фиторемедиации загрязненных тяжелыми металлами почв с помощью декоративных травянистых растений // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 5 (139). С. 105-112.

4. Линкевич Е. В., Юдина Н. В., Савельева А. В. Роль гуминовых кислот в детоксикации нефтяных углеводородов в почве // Химия твердого топлива. 2021. № 5. С. 67-72.

5. Морозкина, Е. В. Природные сорбенты. Структура и свойства: монография. Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2013. 124 с.

6. Неведров Н. П., Смицкая Г. И. Влияние обработки загрязненных тяжелыми металлами почв удобрением-сорбентом на анатомические и морфологические показатели роста газонных трав // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 4 (32). С. 67-75.

7. Получение гидразидов гуминовых кислот и исследование их комплексообразования с ионами меди(II) / И. А. Потапова, Е. В. Бурова, П. П. Пурыгин, Ю. П. Зарубин // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 10. С. 88-97.

8. Саримсакова Н. С., Файзуллаев Н. И., Бакиева Х. А. Изучение физико-химических характеристик клиноптилотита в процессе его модификации // Universum: технические науки. 2022. № 1-3 (94). С. 21-26.

9. Чугай Н. В., Курочкин И. Н. Оценка загрязнения почв бассейна реки Теза тяжёлыми металлами при различных режимах землепользования // Аграрная Россия. 2021. № 6. С. 25-31.

10. Adsorption modification of the zeolite surface with chitosan / Zh. A. Tattibayeva, M. T. Tursynbetov, S. M. Tazhibayeva, W. Kujawski, K. B. Musabekov // Chemical Bulletin of Kazakh National University. 2019. V. 95. № 4. P. 20-26.

11. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil Siberian / T. P. Alekseeva, T. I. Burmistrova, N. M. Trunova, L. B. Naumova, L. P. Shilyaeva // Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre. Russian Academy of Sciences. V. 33. P. 85–91.

12. Comprehensive evaluation of the phytoremedital ability of a number of agricultural crops for the restoration of polluted soils with heavy metals / L. P. Loseva, T. K. Krupskaya, S. N. Anuchin, S. S. Anufriuk // Journal of the Belarusian State University. Ecology. 2020. No 1. P. 23-31.

13. Knust Kumasi Effects of gasoline-contamination on geotechnical properties of clayey soil // Ghana Abdalla M. Eissa Faculty of Engineering. Egypt 5AYGEC, 2016.

14. Socio-economic development of small and medium entrepreneurship: potential of resource-based approach / S. A. Korobov, V. O. Moseyko, E. G. Novoseltseva, V. S. Epinina, E. Y. Marusinina // Contributions to Economics. 2017. № 9783319552569. P. 453-459.

15. Zabbey N. Sam, K. Email Author, Onyebuchi A. T. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: Prospects and challenges(Review) // Science of the Total Environment. 2017. V. 586. P. 952-965.

Информация об авторах

Мещеряков Максим Павлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой "Физика" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru

Хавронина Вера Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры "Физика" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), E-mail: venus61@mail.ru

Кузнецова Надежда Владимировна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры "Мелиорация земель и КИВР", заведующий отделом аспирантуры и докторантуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), E-mail: aspirant@volgau.com

Тронеv Сергей Викторович – доктор технических наук, доцент кафедры "Эксплуатация и технический сервис машин в АПК" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), E-mail: stronev@mail.ru

Мещерякова Елена Геннадьевна, ассистент кафедры "Менеджмент и логистика в АПК" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), E-mail: ale-sn@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-51

APPLICATION OF MORPHO-COLOMETRIC ANALYSIS IN THE BIOINDICATION OF ECOSYSTEMS

S.A. Rakutko¹, A.N. Vaskin², E.N. Rakutko¹

¹ *Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of «Federal Scientific Agro-engineering Center of the All-Russian Institute of Mechanization», Saint Petersburg*

² *Bryansk State Agrarian University, Bryansk region*

Received 15.07.2022

Submitted 22.08.2022

Summary

The article presents the results of the analysis of leaf blades of *Plantago major* L, *Taraxacum officinale* Wigg. and *Alchemilla baltica* using a new method of morpho-colorimetric analysis. The authors conclude that this method can be used in ecological studies for bioindication of ecosystems.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is determined by the demand for the development of methods and technical means for bioindication of the state of ecosystems, a promising direction of which is computer morpho-colorimetry. The possibility of its application for bioindication of the state of the air environment and soil in urban conditions was studied in the work. **Object.** The object of the study is districts of the city of Pushkin (St. Petersburg) with different levels of anthro-

pogenic load (AN). **Materials and methods.** Two places of plant collection were chosen, with high and low levels of anthropogenic load. Using the developed device, the morphological and color parameters of leaf blades of three plant species were recorded: *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Alchemilla baltica* (18 parameters in total). **Results and conclusions.** For the studied plant species, the greatest differences in leaves were observed in the parameters *Round* (by 3.97 times), *AR* (by 4.04 times), and *Circ* (by 7.07 times, the maximum value). The color parameters (*Mean*, *R*, *G*, *B*) of leaf blades change in a much smaller range (10...20%). In general, there is a tendency to a decrease in the values of the morpho-color parameters of plant leaves when moving to a growing area with a high level of anthropogenic load. An informative indicator is the area of the leaf blade *Area* (response amplitude 122-131% for all three plant species). The *Circ* indicator has the largest amplitude of the reaction. in the leaves of *T. officinale* (135.6%). The index of fractal dimension *FD* of leaves showed sensitivity to the level of anthropogenic load in all three plant species, which indicates the prospects for its use in further studies on bioindication. The analysis of the principal components made it possible to reduce the variety of measured parameters to three variables, which explain 86.68% of the entire dispersion. The developed analysis technique and device for obtaining morpho-color parameters of plant leaf blades can be recommended in ecological studies for bioindication of ecosystems.

Keywords: ecosystem, bioindication, man-induced impact, herbaceous plants, leaf blade, computer morpho-colorometry, ImageJ, principal component analysis, *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Alchemilla baltica*

Citation. Rakutko S.A., Vaskin A.N., Rakutko E.N. Application of morpho-colormetric analysis in the bioindication of ecosystem. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 445-458 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-51.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 58.02:573.7

ПРИМЕНЕНИЕ МОРФО-ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В БИОИНДИКАЦИИ ЭКОСИСТЕМ

С. А. Ракутько¹, доктор технических наук
А. Н. Васькин, старший преподаватель
Е. Н. Ракутько¹, аспирант

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет,
Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино

Дата поступления в редакцию 15.07.2022

Дата принятия к печати 22.08.2022

Актуальность исследования определяется востребованностью разработки способов и технических средств биоиндикации состояния экосистем, перспективным направлением которой является компьютерная морфо-цветометрия. В работе исследована возможность ее применения при биоиндикации состояния воздушной среды и почвы в городских условиях. **Объект исследования** – районы г. Пушкин (Санкт-Петербург) с различным уровнем антропогенной нагрузки (АН). **Материалы и методы.** Выбирали два места сбора растений, с высоким и низким уровнем АН. С помощью разработанного устройства фиксировали морфологические и цветочные параметры листовых пластинок трех видов растений: *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Alchemilla baltica* (всего 18 параметров). **Результаты и выводы.** По изученным видам растений наибольшие различия листьев наблюдались по параметрам *Round* (в 3.97 раза), *AR* (в 4.04 раза) и *Circ* (в 7.07 раза, максимальное значение). Цветочные параметры (*Mean*, *R*, *G*,

В) у листовых пластинок изменяются в существенно меньшем диапазоне (10...20 %). В целом наблюдается тенденция к уменьшению значений морфо-цветовых параметров листьев растений при переходе к участку произрастания с большим уровнем АН. Информативным показателем является площадь листовой пластинки *Area* (амплитуда реакции 122-131 % для всех трех видов растений). Наибольшую амплитуду реакции имеет показатель *Circ.* у листьев *T. officinale* (135,6 %). Показатель фрактальной размерности *FD* листьев показал чувствительность к уровню АН у всех трех видов растений, что свидетельствует о перспективности его использования в дальнейших исследованиях по биоиндикации. Проведенный анализ главных компонент позволил свести многообразие измеряемых параметров к трем переменным, объясняющих 86.68 % всей дисперсии. Разработанные методика анализа и устройство для получения морфо-цветовых параметров листовых пластинок растений может быть рекомендовано в экологических исследованиях при биоиндикации экосистем.

Ключевые слова: экосистемы, биоиндикация, антропогенная нагрузка, травянистые растения, компьютерная морфо-цветометрия, *ImageJ*, *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Alchemilla baltica*.

Цитирование. Ракутько С. А., Васькин А. Н., Ракутько Е. Н. Применение морфо-цветометрического анализа в биоиндикации экосистем. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 445-458. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-51.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Загрязнение окружающей среды газообразными и пылевидными отходами транспортных средств и промышленных предприятий приобретает в последнее время все большие масштабы, что вызывает ухудшение условий существования человека и других живых организмов. В связи с этим остро ощущается потребность в разработке научно обоснованных и рациональных способов, методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень комплексных антропогенных воздействий и позволять проведение диагностики ранних нарушения в наиболее чувствительных компонентах экосистемы. Растения считаются надежными индикаторами загрязнения природной среды различными токсическими веществами, что связано с их прикрепленным образом жизни, вынуждающим адаптироваться к стрессовым воздействиям с помощью физиолого-биохимических и анатомо-морфологических перестроек организма. Фиксация и оценка этих изменений при биоиндикации позволяют составить достоверную картину условий места произрастания растений и выявить состояние окружающей среды. Биотестирование и биоиндикация являются наиболее эффективными инструментами аналитического контроля состояния экосистем. Частный случай биоиндикации – фитоиндикация – широко востребована при получении информации о состоянии экосистем в силу своей высокой чувствительности, скорости получения и обработки информации, экономической целесообразности. Этот метод достаточно эффективен при контроле химического загрязнения атмосферного воздуха и почв. Использование методов биологической оценки, основанных на изменениях ежегодно обновляемых структур растения (листья), позволяют достаточно оперативно отследить динамику антропогенного воздействия на экосистему во временном аспекте [12].

Стрессовое воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды при адаптации растений изменяет морфологию последних, прежде всего их листовую часть [8]. Диагностическими признаками состояния растений являются их биометрические показате-

тели. Наряду с морфологическими, диапазон признаков может быть увеличен за счет включения неморфологических признаков (свойств) растений, в частности, физиологических или биохимических. Последние определяются количественным и качественным содержанием различных веществ в тканях растения и непосредственно связаны с протекающими в них физиологическими процессами [10]. Удобным в практике методом оценки физиологического состояния растений является определение оптических свойств листьев [14]. Традиционно для этой цели применяются приборы, непосредственно измеряющие оптические свойства листа – спектры поглощения и отражения, оптическую плотность в отдельных диапазонах и т.д. [15]. Оптическая плотность листа растения зависит от содержания пигментов в ткани и определяет степень поглощения падающего излучения, которая влияет на усвоение энергии потока. Оценка содержания пигментов в растениях позволяет реализовать методики объективного экологического мониторинга с выявлением влияния различных факторов внешней среды [16].

Другим востребованным подходом является использование фотографического метода, позволяющего исследовать форму и цвет – важнейшие показатели биологических объектов. Цифровая цветометрия нашла широкое применение благодаря доступности цифровых гаджетов (планшетных сканеров, цифровых фотоаппаратов, смартфонов и т.д.) с хорошими метрологическими характеристиками [11]. Как метод цифровая цветометрия сформировалась в начале XXI в. и в настоящий момент находится в стадии активного развития. Благодаря большим наработкам классических методик подготовки проб для анализа различных объектов, использование цифровых регистрирующих устройств позволяет с легкостью обеспечить создание измерительных приборов для решения конкретных задач, что обуславливает широкое использование этого современного метода в самых различных областях [19].

Метод цифровой цветометрии используют для экологического мониторинга объектов окружающей среды (цветности воды [7], определения формальдегида в воздухе [33], тринитротолуола в почве [34]); в фармацевтических и клинических лабораториях (анализ лекарственных растений [13], оценка качества сборов, в состав которых входят порошки лекарственных трав [5], стандартизация лекарственных средств и выявление их фальсификации [4]); в пищевой промышленности (выявление фальсификации коровьего молока [32], определение качества ржи [18], цвета вина [22], концентрации красителей [31]). Современные цифровые устройства при поддержке соответствующего программного обеспечения позволяют совместно фиксировать параметры цветности и морфологические параметры объекта и его фрагментов (характерные размеры, форму и т.д.). Это позволяет эффективно использовать данный метод в биоиндикации.

Традиционным объектом применения цветометрии является химический анализ. Аналитическим сигналом здесь служат различные цветометрические характеристики исследуемого образца. Так, исследовали цветометрические характеристики, полученные сканированием цветowych шкал по нитрит-иону [2]. Найдены зависимости отдельных составляющих в цветовых системах *RGB*, *CMYK*, *LAB*, *HSB*, которые аппроксимированы соответствующими функциями. По данным функциям возможно определение концентрации нитрит-ионов.

Цветометрию используют в качестве экспресс-метода количественного определения компонентов растительных порошков. Исследовали зависимость цветовых характеристик смеси листьев, стеблей и цветков зверобоя ползучего (*Hypericum perforatum* L.) [6]. Готовили модельные смеси заданного состава, которые помещали в пластиковые чашки Петри диаметром 3 см и сканировали планшетным сканером. Полученные *RGB* изображения конвертировали в цветовую модель *LAB*. В результате анализа полученных данных выявлено, что связи между цветометрическими параметрами и содержанием отдельных компонентов в модельных смесях носят в основном линейный характер.

Методами компьютерного зрения регистрировали морфометрические и цветочные признаки семян, описывающие форму, размер и текстурные признаки семян 28 таксонов родов *Lavatera L.* и *Malva L.* Полученные данные позволили внести свой вклад в таксономию и оценить некоторые сомнительные систематические позиции. Была выделена четкая дифференциация между таксонами [28].

Цифровая цветометрия является тонким инструментом для регистрации физиологических процессов различной природы в динамике [17]. Извлечение признаков из объектов с использованием алгоритмов анализа изображений или морфометрия широко применяется для изучения различных видов растений по ряду параметров, используемых для морфометрического анализа [26]. Для анализа используют показатели формы листа, жилкования, текстуры, фрактальной размерности и т.д. [30].

Морфо-цветометрию используют в многомерном анализе данных для оценки основных признаков, разделяющих различные листья по форме, контуру либо цветовым дескрипторам. Растет интерес к автоматическому разделению листьев с использованием алгоритмов машинного обучения для идентификации, классификации или обнаружения биотических и абиотических стрессов [21]. Имеется опыт применения морфологических признаков листьев при построении искусственных нейронных сетей, используемых при ботанической классификации. Показана эффективность сети, для построения которой необходимы всего лишь наличие компьютера и сканера [23]. Показано, что алгоритмы машинного обучения, основанные на морфо-цветовых параметрах приемлемы для автоматической классификации листьев различных сортов винограда. Разработана модель искусственной нейронной сети с морфо-цветовыми параметрами в качестве входных данных, что обеспечивает точность 94% при классификации листьев для всех изученных сортов. Автоматическое извлечение морфо-цветовых данных и применение машинного обучения позволило создать быстрые, точные, неразрушающие методы классификации сортов [20].

Для растений с близкой внешней морфологией листьев, затрудняющей их идентификацию, предложен и протестирован подход на основе исследования текстуры их поверхности. Результаты исследований показали, что возможно четкое разделение изучаемых видов, так что текстуру листьев можно использовать в качестве новой характеристики для идентификации и в качестве дополнительного источника информации в таксономических и систематических исследованиях [24].

Считается, что наиболее приемлемыми для использования в качестве биоиндикаторов являются многолетние древесные растения или древовидные кустарники [9]. Однако отмечается, что и травянистые виды растений могут быть хорошими индикаторами степени загрязнения окружающей среды [3].

Целью исследования является установление возможности использования методов морфо-цветометрии травянистых растений для анализа степени неблагоприятного воздействия антропогенной нагрузки.

Материалы и методы.

Месторасположение и виды растений. Исследование было проведено в 2022 году в районе г. Пушкин (Санкт-Петербург) (59°42'51.1" с. ш., 30°23'47" в. д.). Климат района умеренный и влажный, переходный от морского к континентальному. Преобладают поверхностно-подзолистые в сочетании с торфяно-подзолисто-глеевыми почвами. Здесь много лесов, парков и заповедников, насыщающих окрестности чистым воздухом. При этом в районе есть и вредные промышленные объекты — асфальтобетонные, машиностроительные и металлообрабатывающие заводы. По территории Пушкинского района проходят крупные трассы с большим трафиком. Промышленность и транспорт способствуют загрязнению воздуха и почв района.

В качестве объектов исследования были выбраны участки с различной степенью антропогенной нагрузки (АН): 1) вдоль улицы им. Генерала Хазова, характеризующейся значительным автомобильным трафиком, непосредственно у ее проезжей части, (высокий уровень АН); 2) в Александровском парке, в районе Ламских прудов – (низкий уровень АН). Расстояние по прямой от точек сбора – около 2,14 км (рис. 1).

Были исследованы три вида травянистых растений: подорожник большой (*Plantago major* L), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), манжетка балтийская (*Alchemilla baltica*).

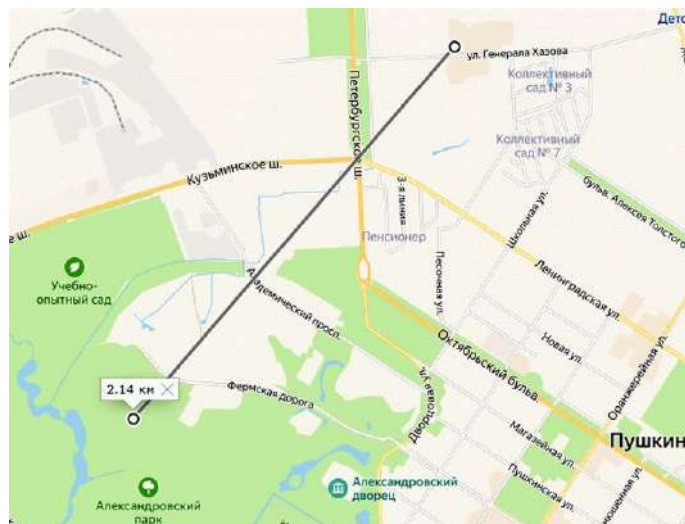


Рисунок 1 – Карта окрестностей г. Пушкин с нанесением мест сбора экспериментального материала

Figure 1 – Map of the surroundings of the city of Pushkin with the drawing of gathering places

Материал для исследования собирали во второй декаде июня, по 30 листьев от каждого вида растений с каждого места сбора. Выбирали здоровые зрелые растения одного возрастного состояния, без внешних повреждений, с хорошими фитосанитарными показателями, однородные по внешним признакам. Во избежание обезвоживания собранные листья хранили в файле-пакете в холодильнике не более суток до измерений.

Морфо-цветометрический анализ. Листья фотографировали в проходящем и отраженном свете камерой смартфона Xiaomi M1805D1SG. Для получения снимков использовали разработанное авторами устройство, показанное на рисунке 2 (Заявка на ПМ №2022117226. Заявл. 27.06.2022).

Устройство имеет корпус, выполненный в виде верхней 1 и нижней 2 секций, соединенных шарниром 3. Верхняя секция снабжена ручкой 4. В верхней части верхней секции выполнено окно 5 для объектива камеры 6, закрепленной снаружи секции. В нижней части верхней секции корпуса выполнены первое прямоугольное окно 7 с вмонтированным покровным стеклом 8 и первое круглое окно 9, напротив которого размещено выпуклое зеркало 10. В верхней части нижней секции корпуса выполнено второе прямоугольное окно 11 с вмонтированным предметным стеклом 12 и второе круглое окно 13. При сомкнутых секциях корпуса первые и вторые прямоугольные и круглые окна соответственно располагаются одно напротив другого. В нижней секции корпуса расположены диафрагма 14, плоское зеркало 15, осветитель с источником света 16 и линза 17. Внутренняя поверхность верхней секции корпуса выполнена белой матовой, что обеспечивает диффузное освещение фотографируемого листа растения в отраженном свете. Внутренняя поверхность нижней секции корпуса зачернена, что препятствует засветке кадра при фотографировании в проходящем свете.

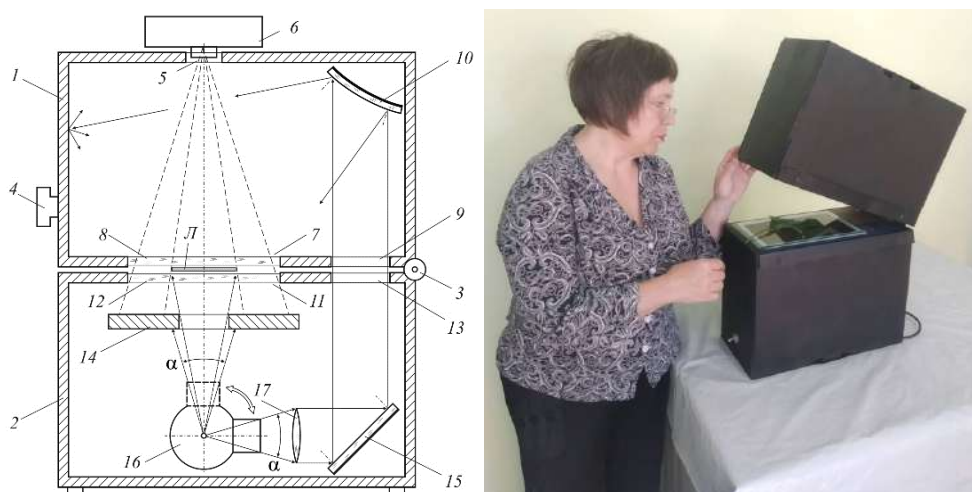


Рисунок 2 – Схема устройства (слева) и работа с ним (справа). Пояснения в тексте

Figure 2 – Diagram of the device (left) and work with it (right). Explanations in the text

При работе с устройством включают источник света, входящий в состав осветителя 16 (цепи питания не показаны). С помощью ручки 4 поднимают верхнюю секцию корпуса 1, вращая ее относительно шарнира 3. Исследуемый лист растения Л помещают на предметное стекло 12. При опускании верхней секции лист прижимается покровным стеклом 8. Осветитель фиксируют в направлении вертикальной оси. Свет в пределах пространственного конуса, определяемого размерами диафрагмы 14, освещает лист снизу. С помощью камеры 6 производят снимок листа в проходящем свете. Поворачивают осветитель на 90° , переводя его в положение с горизонтальным направлением потока. Линза 17 формирует из конусного светового пучка (характеризуемого углом α) параллельный пучок света. Отражаясь от плоского зеркала 15, пучок через круглые отверстия 9 и 13 поступает в верхнюю секцию корпуса, где распределяется выпуклым зеркалом 10 по внутренней поверхности секции. Отражаясь от стенок, свет обеспечивает равномерное освещение верхней поверхности листа без теней и искажений. Камерой производят снимок листа в отраженном свете.

Была произведена предварительная калибровка по черному квадрату известного размера для определения связи количества пикселей изображения с линейными размерами реального объекта (см) и его площади (см^2). Пример полученных изображений листьев различных видов растений показан на рис. 3 (размеры листьев на рисунке не пропорциональны реальным!).

Полученные изображения были проанализированы с помощью программы ImageJ [25]. Пользуясь возможностями, предоставляемыми программой (пункт меню *Analyze / Set Measurements*), определяли следующие морфо-цветовые параметры [27, 29]. Площадь листа (*Area*, см^2) и его периметр (*Perim*, см) определяли по границе выделения, сделанного инструментом Волшебная палочка (Wand Tool). Среднее значение серого (*Mean*) определяли как сумму значений серого всех пикселей изображения, деленное на количество пикселей. Использовалось взвешенное значение, вычисляемое через координаты цветности по формуле $Mean = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$. Вычисляли стандартное отклонение от среднего значения серого (*StdDev*). Ограничивающий (наименьший) прямоугольник, охватывающий выделение, характеризовали параметрами ширины (*Width*) и высоты (*Height*). Из показателей формы листа определяли степень близости к окружности (*Circularity*) по формуле $Circ = 4\pi \cdot Area / Perim^2$. Эквивалент-

ный эллипс (*fitted ellipse*) характеризовали величинами его большой (*Major*) и малой (*Minor*) осей. Коэффициент формы (*AR*, *Aspect ratio*) вычисляли как их отношение. Коэффициент округлости (*Roundness*) вычисляли по формуле $Round = 4 \cdot Area / \pi \cdot Major^2$. Компактность (*Solidity*) вычисляли как отношение реальной площади выделенной области к площади выпуклой области, ограниченной кривой, проведенной по выпуклым частям области. Определяли наибольшее (*Feret*) и наименьшее (*MinFeret*) расстояния между любыми двумя точками вдоль границы выбора. Координаты *R*, *G* и *B* определяли по гистограммам в соответствующих цветовых каналах. В качестве показателя амплитуды реакции на уровень АН по каждому показателю использовали отношения соответствующих величин для участков с высоким и низким уровнем АН.

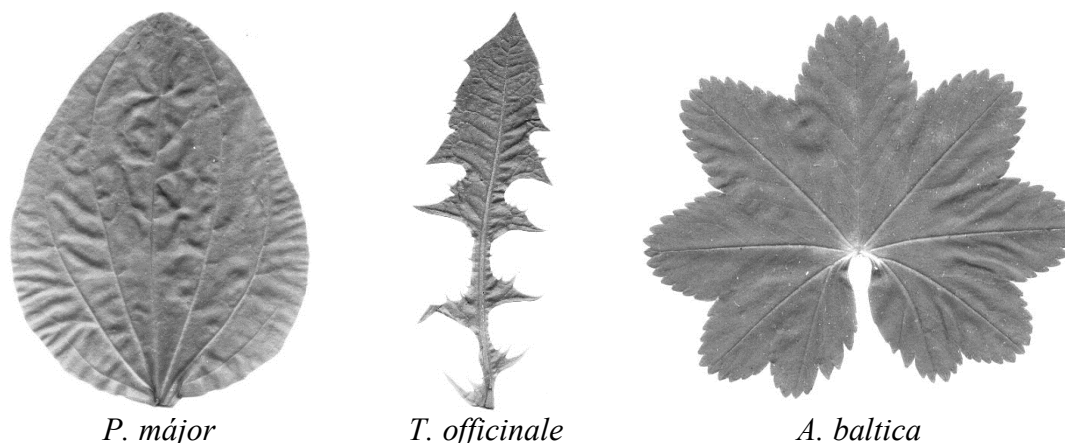


Рисунок 3 – Пример листьев различных видов растений

Figure 3 – An example of leaves of various plant species

Анализ фрактальной размерности. Степень сложности формы листа определяли с помощью фрактального анализа. Фрактальная размерность (*FD*, *Fractal Dimention*) отсканированных листьев была получена с помощью метода подсчета ящиков (*box-counting method*). Исходное *RGB* изображение подвергали бинаризации. На каждом этапе встроенный алгоритм программы ImageJ разбивал область снимка, содержащую изображение края листа (как фракталоподобную структуру) на квадратные клетки размером ε все меньшего размера. Затем определялось число клеток $N(\varepsilon)$, содержащих изображение края листа. Оценкой фрактальной размерности является тангенс угла наклона полученной аппроксимирующей прямой графика зависимости $\ln N(\varepsilon_i)$ от $\ln \varepsilon_i$, полученной при различных размерах клетки.

Анализ главных компонент (PCA) и дисперсионный анализ (ANOVA). Все многомерные морфо-цветовые данные были проанализированы на предмет взаимосвязи с помощью анализа главных компонент (*PCA*, *principal component analysis*). Использовали еще две переменные – *Вид* (виды исследуемых растений) и *Уровень* (уровень АН в месте произрастания). *PCA* позволяет выявить основные взаимосвязи между измеряемыми переменными. В соответствии с методом, первые главные компоненты (*PC1*, *PC2*, ...) представляют те морфо-цветовые характеристики листа, которые имеют большие дисперсии.

Кроме того, значимость различия средних для измеренных параметров оценивали с помощью дисперсионного анализа (*ANOVA*) и использовали критерий Тьюки ($p = 0.05$) в статистическом пакете *Statistica 6.0*.

Результаты и обсуждение. Статистические данные (средние значения и доверительные интервалы) по морфо-цветометрическим параметрам листьев трех видов исследованных растений, произрастающих в районах с различным уровнем АН, показаны в таблице 1. Значения параметров с достоверными различиями средних по районам произрастания отмечены в таблице различными символами.

По изученным растениям трех видов средняя площадь листовой пластинки (*Area*) составляет от 49,58 см² до 95,31 см² (различия в 1.92 раза). Периметр (*Perim*) изменяется в большем диапазоне (в 3,33 раза). Еще большие различия листьев наблюдались по параметрам *Round* (в 3.97 раза), *AR* (в 4.04 раза) и *Circ* (в 7.07 раза, максимальное значение).

Таблица 1 – Морфо-цветометрические параметры листьев растений

Table 1 – Morpho-colorimetric parameters of plant leaves

Параметр	Уровень АН	<i>P. major</i>		<i>T. officinale</i>		<i>A. baltica</i>	
		$\bar{X}$	ΔX	$\bar{X}$	ΔX	$\bar{X}$	ΔX
1. <i>Area</i> , см ²	Низкий	60.49 ^a	6.66	95.31 ^a	11.81	83.18 ^a	6.56
	Высокий	49.58 ^a	4.31	73.10 ^b	5.80	63.66 ^b	7.51
2. <i>Mean</i> , отн.ед.	Низкий	93.75 ^a	2.45	90.07 ^a	2.29	88.43 ^a	2.35
	Высокий	85.28 ^b	2.09	87.16 ^a	1.84	77.90 ^b	1.65
3. <i>StdDev</i> , отн.ед.	Низкий	12.17 ^a	0.38	16.82 ^a	0.64	11.08 ^a	0.43
	Высокий	11.08 ^b	0.40	17.42 ^a	0.62	10.56 ^a	0.29
4. <i>Perim</i> , см	Низкий	31.27 ^a	1.65	92.01 ^a	5.73	70.18 ^a	3.98
	Высокий	28.53 ^a	1.33	95.09 ^a	6.31	64.19 ^a	4.81
5. <i>Width</i> , см	Низкий	7.44 ^a	0.47	7.54 ^a	0.55	12.40 ^a	0.57
	Высокий	6.82 ^a	0.34	6.68 ^a	0.37	10.39 ^b	0.56
6. <i>Height</i> , см	Низкий	11.17 ^a	0.64	25.36 ^a	0.72	10.55 ^a	0.44
	Высокий	10.10 ^a	0.46	26.24 ^a	0.48	9.42 ^b	0.57
7. <i>Major</i> , см	Низкий	10.57 ^a	0.57	21.78 ^a	1.00	11.48 ^a	0.51
	Высокий	9.47 ^b	0.41	20.46 ^a	0.61	9.51 ^b	0.51
8. <i>Minor</i> , см	Низкий	7.17 ^a	0.46	5.46 ^a	0.48	9.13 ^a	0.36
	Высокий	6.59 ^a	0.33	4.52 ^b	0.27	8.33 ^a	0.51
9. <i>Circ</i> , отн.ед.	Низкий	0.76 ^a	0.02	0.15 ^a	0.02	0.21 ^a	0.01
	Высокий	0.76 ^a	0.01	0.11 ^b	0.01	0.19 ^a	0.01
10. <i>Feret</i> , см	Низкий	11.20 ^a	0.63	25.42 ^a	0.72	12.49 ^a	0.58
	Высокий	10.11 ^a	0.46	26.34 ^a	0.50	10.46 ^b	0.57
11. <i>MinFeret</i> , см	Низкий	7.39 ^a	0.47	7.34 ^a	0.51	10.39 ^a	0.43
	Высокий	6.78 ^a	0.33	6.58 ^a	0.38	9.26 ^a	0.55
12. <i>AR</i> , отн.ед.	Низкий	1.49 ^a	0.08	4.13 ^a	0.28	1.26 ^a	0.04
	Высокий	1.45 ^a	0.05	4.61 ^a	0.22	1.15 ^b	0.02
13. <i>Round</i> , отн.ед.	Низкий	0.68 ^a	0.03	0.25 ^a	0.02	0.80 ^a	0.02
	Высокий	0.70 ^a	0.02	0.22 ^a	0.01	0.87 ^b	0.02
14. <i>Solidity</i> , отн.ед.	Низкий	0.984 ^a	0.002	0.699 ^a	0.032	0.809 ^a	0.022
	Высокий	0.980 ^a	0.003	0.641 ^a	0.033	0.828 ^a	0.007
15. <i>FD</i> , отн.ед.	Низкий	1.958 ^a	0.0024	1.930 ^a	0.0068	1.950 ^a	0.0019
	Высокий	1.950 ^b	0.0029	1.905 ^b	0.0057	1.942 ^b	0.0031
16. <i>R</i> , отн.ед.	Низкий	85.12 ^a	2.04	84.40 ^a	2.16	79.66 ^a	1.79
	Высокий	78.82 ^b	1.87	81.57 ^a	1.56	70.45 ^b	1.24
17. <i>G</i> , отн.ед.	Низкий	105.72 ^a	2.97	100.18 ^a	2.73	100.30 ^a	3.00
	Высокий	95.21 ^b	2.48	96.29 ^a	2.35	87.12 ^b	2.11
18. <i>B</i> , отн.ед.	Низкий	55.04 ^a	0.93	56.16 ^a	1.45	52.26 ^a	0.80
	Высокий	52.32 ^b	1.29	55.39 ^a	0.65	51.10 ^a	0.53

Это связано с морфологией листьев растений различных видов, различной степенью выраженности лопатности. Цветовые параметры (*Mean*, *R*, *G*, *B*) у листовых пластинок различных видов растений изменяются в существенно меньшем диапазоне (10...20 %). Наименьшая вариативность среднего значения интенсивности серого по изображению листа (характеризуемого параметром *StdDev*) наблюдается у листа *A. baltica*, наибольшая – у листа *T. officinale*.

Наибольшая ширина листа (*Width*) наблюдалась у *A. baltica*, наибольшая высота (*Hight*) – у *T. officinale*. Если судить по размерам эквивалентного эллипса, то его большая ось (*Major*) максимальна у листа *T. officinale*, а малая (*Minor*) – у *A. baltica*. Та же закономерность справедлива и для наибольших (*Feret*) и наименьших (*MinFeret*) расстояний между точками контура листа. Параметр *Circularity* стремится к единичному значению при идеальном круге. Лист *T. officinale* имеет наиболее вытянутую форму, поэтому этот показатель здесь принимает наименьшее значение. Параметр *Solidity* характеризует выпуклость изображения листа. Единичное значение означает, что лист не имеет «впадин» от границы контура к его середине. Максимальное значение этого параметра наблюдалось у листа *P. májor*, минимальное – у листа *T. officinale*. Фрактальная (*FD*) размерность близка у всех трех видов растений (1.905...1.958).

В целом просматривается тенденция к уменьшению значений морфо-цветовых параметров листьев растений при переходе к участку произрастания с большим уровнем антропогенной нагрузки и менее благоприятными условиями окружающей среды. Информативным показателем следует признать площадь листовой пластинки *Area*. Причину незначимости отличий средних значений площади листовой пластинки у *P. májor* можно отнести к сложности формирования репрезентативной выборки листьев для анализа. По амплитуде реакции этот показатель демонстрируя значения в диапазоне 122-131% для всех трех видов растений (рис. 4).

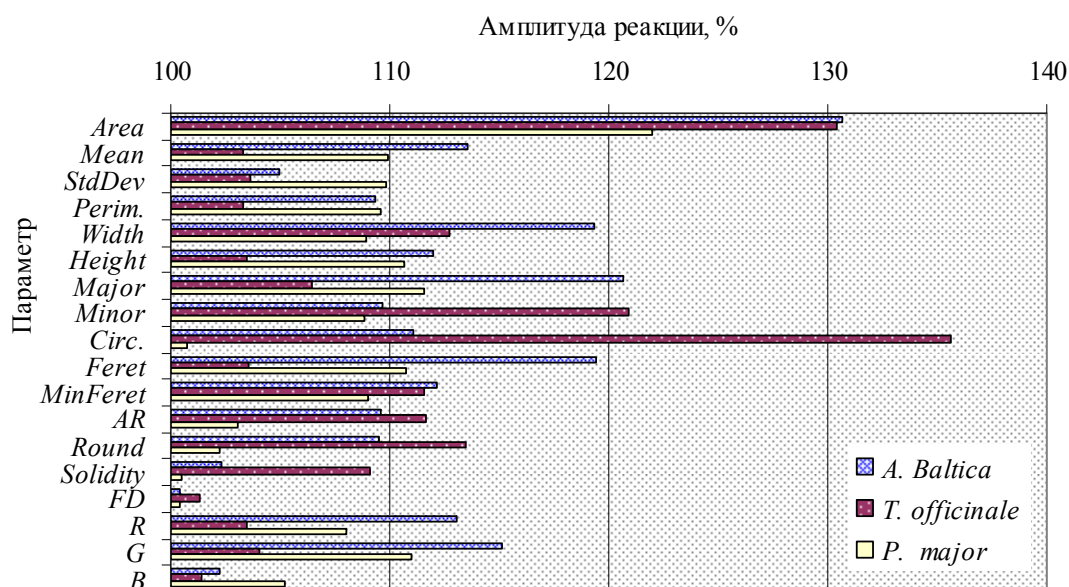


Рисунок 4 – Амплитуда реакции параметров на уровень антропогенной нагрузки

Figure 4 – The amplitude of the response of parameters to the level of man-induced impact

У *P. májor* значимы различия параметров, формирующие указанные далее в скобках значения амплитуды реакции, %, отсортированы в порядке убывания: *Area* (122.0), *Major* (111.6), *G* (111.0), *Mean* (109.9), *StdDev* (109.8), *R* (108.0), *B* (105.2), *FD*

(100.4); у *T. officinale*: *Circ* (135.6), *Area* (130.4), *Minor* (120.9), *FD* (101.3); у *A. baltica*: *Area* (130.7), *Width* (119.4), *Feret* (119.4), *R* (113.1), *Height* (112.0), *AR* (109.6), *Round* (109.5), *FD* (100.4).

У всех трех видов растений не значимы различия по степени антропогенной нагрузки признаков *Perim*, *MinFeret* и *Solidity*, что свидетельствует об их недостаточно высокой чувствительности для целей биоиндикации.

Наибольшую амплитуду реакции при различной степени антропогенной нагрузки имеет показатель *Circ* у листьев *T. officinale* (135,6%). Неблагоприятные условия окружающей среды увеличивают степень вытянутости листа этого растения.

Показатель фрактальной размерности *FD* листьев показал чувствительность к уровню антропогенной нагрузки у всех трех видов растений, что свидетельствует о перспективности его использования в дальнейших исследованиях по биоиндикации.

Для оценки влияния условий окружающей среды на морфо-цветометрические параметры различных видов растений проведен анализ главных компонент (рис. 5).

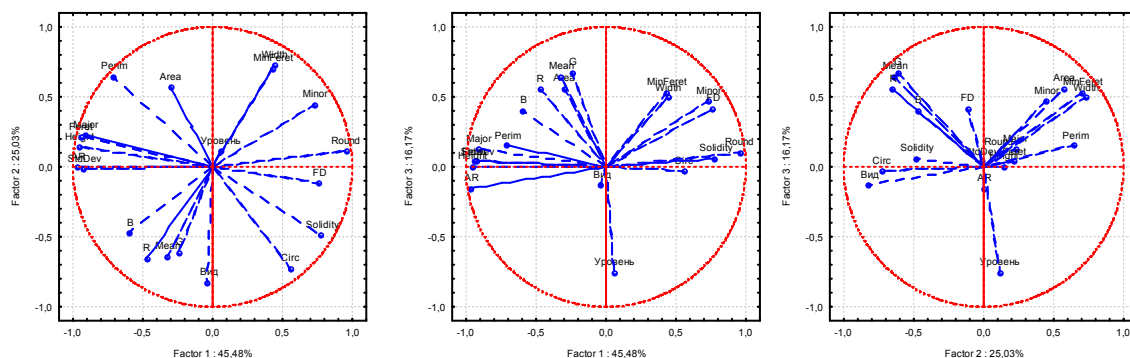


Рисунок 5 – Графики анализа главных компонент

Figure 5 – Principal Components Analysis Graphs

Первый главный компонент (PC1) объяснил 45.47 % дисперсии, второй (PC2) – 25.03 %, третий (PC3) – 16.17 % (итого 86.68 % всей дисперсии). При включении в анализ четвертого компонента наибольшее значение факторной координаты составляло 0.4638 у переменной *Bud*. Поэтому было принято решение ограничиться при анализе тремя главными компонентами.

PC1 сильно-положительно коррелирован с переменными *Round* (0.9579), *Solidity* (0.7767), *FD* (0.7614), *Minor* (0.7296); сильно-отрицательно с переменными *StdDev* (-0.9226), *Height* (-0.9551), *Major* (-0.9108), *Feret* (-0.9411), *Perim* (-0.7113); *AR* (-0.9684) и средне-отрицательно с переменной *B* (-0.5970). PC2 сильно-положительно коррелирован с переменной *Width* (0.7256), *MinFeret* (0.7027); сильно-отрицательно с переменными *Bud* (-0.8234) и *Circ* (-0.7298); средне-положительно с переменной *Area* (0.5704) и средне-отрицательно с переменной *R* (-0.6512). PC3 сильно-отрицательно коррелирован с переменной *Уровень* (-0.7520) и средне-положительно с переменными *Mean* (0.6455) и *G* (0.6755).

Листья растений являются основным органом фотосинтеза, для обеспечения которого необходима правильная организация их морфологии, реализующая генетический потенциал по обеспечению перехвата света, скорости транспирации, фиксации углерода в онтогенезе. Процессы пролиферации меристематических клеток, чутко реагирующий на внешние воздействия, определяют морфо-цветометрические показатели будущей листовой пластинки. Из литературных источников известно, что загрязнение воздушной среды оказывает сильное воздействие на все части растения, прежде всего их листья. Содержащаяся в воздухе во взвешенном состоянии пыль оседает на надземных органах растений и

тормозит их рост и протекание биохимических процессов. Все это проявляется в изменении морфо-цветовых показателей листьев растений. Полученные нами экспериментальные данные находятся в согласии с результатами исследования влияния загрязнения воздуха на растения *T. officinale* и *P. májor*, в которых было выявлено, что при наличии загрязнения высота растения, длина и ширина листовой пластинки уменьшаются, причем более чувствительным тест - объектом оказался *P. májor* [1].

Выводы. В результате проведенных исследований оценки качества среды для трех видов травянистых растений на двух участках местности с различным уровнем АН выявлена приемлемость использования методов морфо-цветометрии.

Различия в морфологии листьев различных видов растений обуславливают кратно различающиеся значения таких параметров, как площадь, периметр и показатели формы листа. Цветовые параметры у листовых пластинок различных видов растений изменяются в существенно меньшем диапазоне, однако они так же могут быть применены при биоиндикации. Выявлено снижение абсолютных значений морфо-цветовых параметров у листьев растений, произрастающих на участках с большим уровнем АН. Наиболее информативным параметром является площадь листовой пластинки, амплитуда реакции которого составляет 122-131 % у изученных видов растений. Ряд параметров показал незначимость различия средних на участках с различным уровнем АН. Это обуславливает необходимость обоснования применяемых показателей и видов растений при биоиндикации в каждом конкретном случае.

В исследовании выявлено, что многообразие исходных морфо-цветовых параметров листовых пластинок растений (исходно было взято для анализа 18 параметров) с помощью метода главных компонент может быть сокращено до трех переменных, объясняющих 86,68 % всей дисперсии. Разработанное устройство для получения морфо-цветовых параметров листовых пластинок растений показало эффективность в использовании, надежность, достоверность полученных результатов и может быть рекомендовано в экологических исследованиях при биоиндикации экосистем.

Библиографический список

1. Акатьева Т. Г. Использование метода биоиндикации в оценке качества атмосферного воздуха // Современная наука - агропромышленному производству. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2014. С. 3-6. <https://elibrary.ru/item.asp?id=22710884>.
2. Аяри В. В., Дмитриенко С. Г., Золотов Ю. А. Аналитические возможности цифровых цветометрических технологий. Определение нитрит-ионов с использованием пенополиуретана // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2011. Т. 52. № 1. С. 36-42. <https://elibrary.ru/item.asp?id=16925586>.
3. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов наземной фитомассой травянистой растительности // Экология. 2007. № 4. С. 259-267. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9517276>.
4. Бузук Г. Н., Кузьмичева Н. А. Цветометрический и денситометрический методы анализа в стандартизации таблеток "Аскорутин" и "Рутаскорбин" // Вестник фармации. 2011. № 3 (53). С. 12-18. <https://elibrary.ru/item.asp?id=17027079>.
5. Вернигорова М. Н., Бузук Г. Н. Цветометрическая методика определения компонентного состава порошков травы череды трехраздельной (*Bidens tripartita* L.) // Вестник фармации. 2013. № 4 (62). С. 28-33. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21128763>.
6. Иванкова М. Н., Бузук Г. Н. Цветометрический метод определения состава порошков из лекарственного растительного сырья // Вестник фармации. 2010. № 4 (50). С. 22. <https://elibrary.ru/item.asp?id=15593790>.
7. Изучение цветометрических характеристик воды с использованием метода компьютерной цветометрии / В. М. Болотов, Е. В. Комарова, П. Н. Саввин, В. В. Хрипушин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4 (58). С. 154-156. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21102239>.

8. К возможностям оценки функциональной активности листовых пластинок древесных растений / Л. М. Кавеленова, А. П. Кравцева, А. М. Трубников, Н. В. Янков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-7. С. 2333-2336. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_2333_2336.pdf.

9. Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны // Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 25-36. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-02>.

10. Методы биоиндикационной оценки состояния агроэкосистем: аналитический обзор / Е. Н. Ракутько, С. А. Ракутько, С. Цзянь, М. Ян // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 1 (110). С. 19-42. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48434586>.

11. Моногарова О. В., Осолок К. В., Апяри В. В. Цветометрия в химическом анализе // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73. № 11. С. 857-867. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36362081>.

12. Неверова О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. 2009. Т. 1. № 1. С. 82-92. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20177661>.

13. Погоцкая А. А., Бузук Г. Н. Применение сканера и компьютерных программ цифровой обработки изображений для количественного определения алкалоидов в листьях маклейи сердцевидной // Вестник фармации. 2009. № 4. С. 32-38. <https://elibrary.ru/item.asp?id=13058720>.

14. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н., Мишанов А. П. Влияние параметров световой среды на содержание хлорофилла в листьях рассады томата и их оптические свойства // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 60. С. 67-74. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44068834>.

15. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н., Васькин А. Н. Листовой фотоколориметр - устройство для измерения оптических свойств листьев растений // Инновации в сельском хозяйстве. 2020. № 1 (34). С. 15-24. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43107642>.

16. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н., Васькин А. Н. Устройство для определения оптической плотности листьев растений и метод оценки стабильности их развития // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 58-71. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38538686>.

17. Тирас Х. П., Нефедова С. Е., Апяри В. В. Биологическая цветометрия как новый метод в динамической морфометрии // Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i для задач мониторинга и безопасности". SCVRT2019: труды Международной научной конференции. 2019. С. 77-83. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41725575>.

18. Цветовые характеристики зерна ржи, подготовленного разными способами / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Журавлева, П. С. Саввин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4. С. 120-122. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2013-4-120-122>.

19. Шульц Э. В., Моногарова О. В., Осолок К. В. Цифровая цветометрия: аналитические возможности и перспективы использования // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2019. Т. 60. № 2. С. 79-87. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36923396>.

20. Automated grapevine cultivar classification based on machine learning using leaf morpho-colorimetry, fractal dimension and near-infrared spectroscopy parameters / S. Fuentes, E. Hernández-Montes, J. M. Escalona, J. Bota, C. Gonzalez Viejo, C. Poblete-Echeverría, E. Tongson, H. Medrano // Computers & Electronics in Agriculture. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.035>.

21. Backes A. R., Casanova D., Bruno O. M. Color texture analysis based on fractal descriptors // Pattern Recogn. 2012. No 45. P. 1984–1992. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.11.009>.

22. Colorimetric sensor array for white wine tasting / S. Chung, T. S. Park, S. H. Park, J. Y. Kim, S. Park, D. Son, Y. M. Bae, S. I. Cho // Sensors. 2015. No 15 (8). P. 18197-18208. <https://doi.org/10.3390/s150818197>.

23. Discrimination and identification of morphotypes of *Banksia integrifolia* (Proteaceae) by an Artificial Neural Network (ANN), based on morphological and fractal parameters of leaves and flowers / C. Pandolfi, G. Messina, S. Mugnai, E. Azzarello, E. Masi, K. Dixon, S. Mancuso // Taxon. 2009. No 58. P. 933. <https://doi.org/10.1002/TAX.583020>.

24. Fractal analysis of leaf texture properties as a tool for taxonomic and identification purposes: a case study with species from Neotropical Melastomataceae (Miconieae tribe) / D. R. Rossatto, D. Casanova, R. M. Kolb, O. M. Bruno // *Plant Syst. Evol.* 2011. No 291. P. 103–116. <https://doi.org/10.1007/s00606-010-0366-2>.
25. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data / C. T. Rueden, J. Schindelin, M. C. Hiner, B. E. DeZonia, A. E. Walter, E. T. Arena, K. W. Eliceiri // *BMC Bioinformatics*. 2017. No 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z>.
26. LEAFPROCESSOR: a new leaf phenotyping tool using contour bending energy and shape cluster analysis / A. Backhaus, A. Kuwabara, M. Bauch, N. Monk, G. Sanguinetti, A. Fleming // *New Phytologist*. 2010. No 187. P. 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03266.x>.
27. Leaf morpho-colorimetric characterization of different grapevine varieties through changes on plant water status / G. Gutiérrez-Gamboa, N. Torres-Huerta, M. Araya-Alman, N. Verdugo-Vásquez, Y. Moreno-Simunovic, H. Valdés-Gómez, C. Acevedo-Opazo // *Horticulturae*. 2008. No 7 (9). P. 315. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090315>.
28. Morpho-colorimetric characterisation of Malva alliance taxa by seed image analysis / M. L. Bianco, O. Grillo, P. E. Garcia, F. Mascia, G. Venora, G. Bacchetta // *Plant Biol (Stuttg)*. 2017. No 19 (1). P. 90–98. <https://doi.org/10.1111/plb.12481>.
29. Morpho-colorimetric characterization by image analysis to identify diaspores of wild plant species / G. Bacchetta, O. Grillo, E. Mattana, G. Venora // *Flora*. 2008. No 203(8). P. 669–682. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2007.11.004>.
30. Plant species identification using digital morphometrics: a review / J. S. Cope, D. Corney, J. Y. Clark, P. Remagnino, P. Wilkin // *Expert Syst. Appl.* 2012. No 39. P. 7562–7573. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.073>.
31. Saadati M. Smartphone-based digital image analysis for determination of some food dyes in commercial products // *Food Anal. Methods*. 2021. No 14. P. 2367–2374. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02059-4>.
32. Santos P. M., Wentzell P. D., Filho E. R. P. Scanner digital images combined with color parameters: a case study to detect adulterations in liquid cow's milk // *Food Analytical Methods*. 2012. No 5 (1). P. 89–95. <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9216-2>.
33. Smartphone-based microfluidic colorimetric sensor for gaseous formaldehyde determination with high sensitivity and selectivity / X.-L. Guo, Y. Chen, H.-L. Jiang, X.-B. Qiu // *Sensors*. 2018. No 18 (9). P. 31–41. <https://doi.org/10.3390/s18093141>.
34. Using the iPhone as a device for a rapid quantitative analysis of trinitrotoluene in soil / A. Choodum, P. Kanatharana, W. Wongniramaikul, N. N. Daeid // *Talanta*. 2013. V. 115. P. 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.04.037>.

Информация об авторах

Ракутько Сергей Анатольевич, главный научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), доктор технических наук, доцент, ScopusID: 26040971100, ResearcherID: B-2745-2014, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, AuthorID: 539685, SPIN-код: 5103-4590, sergej1964@yandex.ru

Васькин Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры автоматизации, физики и математики института энергетики и природопользования, ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» (243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, д. 2А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7091-01476>, SPIN-код: 6949-2844, vaskin32@mail.ru

Ракутько Елена Николаевна, научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, AuthorID: 789315, SPIN-код: 1427-3360, elena.rakutko@mail.ru

NEURAL NETWORK IDENTIFICATION OF PROBLEM AREAS OF THE STATE OF CROPS BY METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

A. F. Rogachev, I. S. Belousov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 25.06.2022

Submitted 23.08.2022

*The publication has been prepared with the financial support
of the RFBR under project No. 20-37-90142.*

Summary.

The creation of a neural network system for segmentation of problem areas of reclaimed agricultural fields is considered. The architectures of modern artificial neural networks are analyzed and the construction of a neural network of the U-net configuration for the subject area under study is justified. Recommendations on the construction of the neural network architecture and the justification of its hyperparameters are given.

Abstract.

Introduction. Solving a number of problems of agricultural production requires the use of artificial intelligence methods. Phenological assessment of the state of crops of agricultural crops over large areas, despite the use of unmanned aerial vehicles, in agro-production conditions is very labor-intensive. An additional complexity of such an assessment is the multicomponent structure of the analyzed images, which determines the need to use a systematic approach in the research process. **Materials and methods.** For the intellectual analysis of agricultural fields, databases of RGB color images marked for four classes were formed. The architectures of the artificial neural network, including U-net and its modifications, are analyzed, and possible limitations for solving the problem of image segmentation of agricultural fields are established. **Results and conclusions.** The study of the influence of the architecture and hyperparameters of an artificial neural network of the segmentation type confirmed its acceptability for solving the problem. An artificial neural network has been developed for segmenting and identifying problem areas of agricultural fields based on a modification of the U-net architecture family. The peculiarities of this approach are the sequential reduction of the image dimension, the use of convolutional layers and the merging (concatenation) of such images with the previous ones at different compression levels. The applicability and advantages of the segmentation approach were tested on the DeepLabV3 deep artificial neural network architecture in combination with ResNet50. Multiple numerical runs of the artificial neural network training procedure revealed that increasing the accuracy of image segmentation of agricultural fields according to the «Dice coefficient» criterion is limited by the resolution and the quality of the manual marking of the database. The constructed family of artificial neural network architectures based on DeepLabV3 with ResNet50 showed sufficient efficiency and speed to solve the problems of identifying the ameliorative state of agricultural fields and determining the state and development of plants. The artificial neural network of the studied architectures based on DeepLabV3 ResNet50 demonstrated advantages in terms of performance. Due to this, such neural networks can be used as the algorithmic core of SaaS systems, for which the speed of segmentation through an artificial neural network is crucial.

Key words: crop development, neural network recognition, segmentation task, artificial neural networks, convolutional layers, U-net architecture.

Citation. Rogachev A. F., Belousov I.S. Neural network identification of problem areas of the state of crops by methods of artificial intelligence. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 459-466 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-52.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.3:635

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ СОСТОЯНИЯ
ПОСЕВОВ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА****А. Ф. Рогачев, доктор технических наук, профессор****И. С. Белоусов, аспирант***Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 25.06.2022

Дата принятия к печати 23.08.2022

***Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ
по проекту No. 20-37-90142.***

Актуальность. Решение ряда проблем аграрного производства требует применения методов искусственного интеллекта (ИИ). Фенологическое оценивание состояния посевов сельскохозяйственных культур на значительных площадях, несмотря на использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в агропроизводственных условиях является весьма трудозатратным. Дополнительную сложность такого оценивания составляет многокомпонентность структуры анализируемых изображений, что определяет необходимость использования системного подхода в процессе исследований. **Методы.** Для интеллектуального анализа участков сельскохозяйственных полей были сформированы базы данных (БД) цветных изображений формата RGB, размеченные для четырех классов. Проанализированы архитектуры искусственной нейронной сети (ИНС), включая U-net и ее модификации, и установлены возможные ограничения для решения задачи сегментации изображений агрополей. **Результаты.** Проведенное исследование влияния архитектуры и гиперпараметров ИНС сегментационного типа подтвердило ее приемлемость для решения поставленной задачи. Разработана ИНС для сегментации и выявления проблемных участков агрополей на основе модификации семейства архитектур U-net. Особенности такого подхода является последовательное уменьшение размерности изображений, использование сверточных слоев и объединение (конкатенация) таких изображений с предшествующими на различных уровнях сжатия. Проверка применимости и преимуществ сегментационного подхода проводилась на архитектуре глубокой ИНС DeepLabV3 в сочетании с ResNet50. Многократными численными прогонами процедуры обучения ИНС выявлено, что повышение точности сегментации изображений участков сельскохозяйственных полей по критерию «Dice coefficient» ограничивается величиной разрешения и качеством ручной разметки БД. **Выводы.** Построенное семейство архитектур ИНС на основе DeepLabV3 с ResNet50 показали достаточную эффективность и быстродействие для решения задач выявления мелиоративного состояния агрополей и определения состояния и развития растений. ИНС исследованных архитектур на основе DeepLabV3 ResNet50 продемонстрировала преимущества по критерию быстродействия. Благодаря этому такие нейросети могут использоваться в качестве алгоритмического ядра SaaS-систем, для которых скорость сегментации посредством ИНС имеет решающее значение.

Ключевые слова: *развитие сельскохозяйственных культур, нейросетевое распознавание, задача сегментации, искусственные нейросети, сверточные слои, U-net архитектура.*

Цитирование: Рогачев А. Ф., Белоусов И. С. Нейросетевое выявление проблемных участков состояния посевов методами искусственного интеллекта. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 459-466. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-00-00.

Авторский вклад. Авторы исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов. Авторы статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Среди методов искусственного интеллекта (ИИ), которые можно использовать для компьютерного нейросетевого выявления состояния посевов, можно выделить сегментацию их цветных изображений [13, 14] по требуемым классам.

В Постановлении Правительства РФ от 14.07.2021 г. № 717 «О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции...» отмечено, что «... обеспечение развития АПК посредством внедрения цифровых технологий ..., а также оцифровка всех циклов сельскохозяйственного производства» является актуальной задачей. Отмечается также необходимость создавать «... информационную среду предприятия, состоящую из взаимосвязанных процедур слияния информации от ее составных функциональных систем: системы автоматизированного мониторинга..., включая системы «автоматизированного распознавания специфики состояния элементов растительной поверхности...» [2].

Задача оценки состояния элементов растительных поверхностей агрополей на значительных по протяженности площадях, фиксируемых и анализируемых в том числе в различных частях оптического спектра, является достаточно трудозатратной [19]. Компьютерные программы (см., например, Шадрин Д. Г. Программный комплекс для фенотипирования растений и оценки динамики их роста с помощью подходов искусственного интеллекта / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2022616632 и др.) позволяют обучать нейросети, построенные по архитектурам U-Net и FCN [19], для сегментации изображений агрофитоценозов с целью выявления их биологического состояния в процессе вегетации.

Входные информационные потоки получают методами дистанционного зондирования и с использованием данных других функциональных систем, включая беспилотные летательные аппараты [4, 8]. Для обработки входных данных применяют такие методы ИИ, как машинное обучение и распознавание образов. Наиболее универсальными технологиями являются глубокие искусственные нейронные сети (ИНС).

Специфической сложностью задачи оценки состояния и развития посевов различных агрокультур является многокомпонентность структур анализируемых многоцветных изображений, что обуславливает применение системного подхода в процессе компьютеризованного интеллектуального исследования, включая формирование БД, их предобработку и непосредственно анализ (патенты RU 2688234, МПК G06Q 10/06, СПК A01G 9/00; 2723189, МПК A01G 7/00, G06N 5/00, G06N 20/00, G06Q 50/02 и др.). Решение задач сегментации изображений обеспечивает повышение эффективности управления сельскохозяйственным производством [5, 11, 12].

Некоторые результаты нейросетевого решения задачи анализа и распознавания, применительно к состоянию сельскохозяйственных полей, приведенные в статьях [7, 8], показывают определенную ограниченность задачи классификации. Это обусловило переход к постановке и решению более сложной задачи сегментации [10], или «попиксельной классификации», позволяющей получать более востребованные сельскохозяйственным производством результаты [1].

В то же время ряд специфических вопросов, включая методологию выбора оптимальной размерности изображений и структуры БД, обоснования эффективного сочетания гиперпараметров ИНС для решения задач интеллектуальной поддержки решений в аграрном производстве, требуют модификации подходов и дополнительного решения.

Материалы и методы. При разработке использовались встроенные библиотеки фреймворка PyTorch [6]. Архитектура сегментационной ИНС выбиралась из доступных для PyTorch модулей. В процессе исследований точность сопоставляемых архитектур оценивалась на основе датасета «COCO train2017» (<http://cocodataset.org/#home>).

Для проверки гипотезы преимущества сегментационной сети была выбрана сеть DeepLabV3 ResNet50, которая характеризуется точностью, сопоставимой с DeepLabV3 ResNet101, но при этом быстрее. Архитектурно она представляет собой DeepLabV3 на основе ResNet50, которая представляет из себя структуру из последовательности свёрточных слоёв, где в каждый последующий результат объединяется с предыдущим.

Использовались известные критерии качества сегментации «Dice coefficient» (1)

$$DSC = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|} \quad (1)$$

и «Jaccard coefficient» (2)

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (2)$$

Обучение ИНС реализовывалось на графическом ускорителе с использованием технологии CUDA. Применялся графический процессор Nvidia RTX 2080Ti, поддерживаемый библиотекой CUDA Toolkit 11.4. Для обеспечения обучения ИНС использовали различные виды аугментации изображений, например методом *imgaug*, что позволило разнообразить БД и датасет.

Результаты и обсуждение. Ранее выполненные исследования основывались на классификации заданных изображений 200x200 пикселей, что давало только общее представление о проблеме, для случая, когда выявляемая проблема участка поля имела достаточно большие размеры. Сложность обработки изображений при таком подходе квадратично растёт при увеличении линейного размера изображений, что сильно повышает требования к аппаратной части. Применение нейросети на основе сегментационного подхода (рис. 1) позволило снизить нагрузку на процессоры благодаря тому, что появилась возможность сжимать изображения.

Для формирования БД и датасетов при решении задачи сегментации использовались цветные изображения агрополей размерностью 200x200 пикселей, полученные с помощью БПЛА (База данных цветных изображений сельскохозяйственных полей для обучения искусственных нейронных сетей / Свидет. о гос. рег. БД 2020620950 / Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Боровой Е. П.). Цветные RGB-изображения размечались по 4-м классам: качественное поле, дефектное поле, прокультивированное поле (не засеянное), не поле (прочие объекты). При разметке датасета сегментирующую маску не накладывали на исходное изображение, а формировали в графическом редакторе.

В качестве архитектуры в поисковых экспериментах использовалась U-Net и DeepLabV3 (рисунок 1).

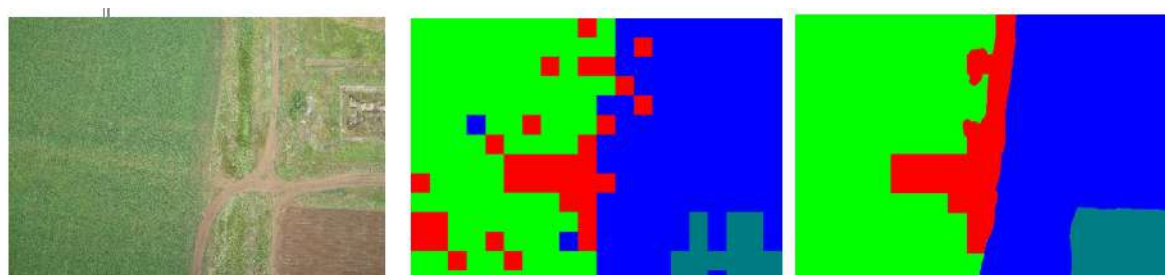


Рисунок 1 - Сегментация изображений участков агрополей

Figure 1 - Segmentation of images of agricultural fields

DeepLabV3 представляет собой архитектуру, которая использует блоки сверточных слоев CNN с ядрами сверток 3x3 [17] для выделения специфических «особенностей» изображений, которые могут быть использованы для решения задачи сегментации (рисунок 2).

После многократных сжатий изображений сверточными слоями ИНС формирует «новый» сегментированный образ из изображений, получаемых на различных стадиях обработки исходного, и ещё раз конкатенирует с конечным результатом работы backbone.

В проведенных экспериментах обучение ИНС проводилось как для сжатых изображений, так и без него, при помощи дробления исходного изображения на изображения 500x500 пикселей.

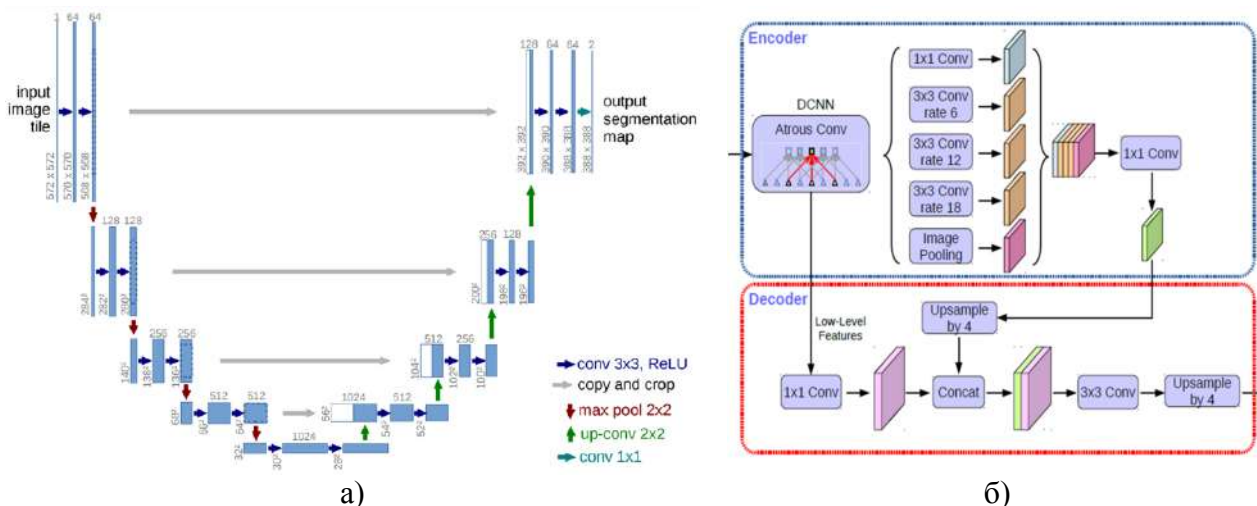


Рисунок 2. – Архитектуры ИНС для сегментации: а) U-Net ; б) DeepLabV3

Figure 2 – ANN architectures for segmentation: a) U-Net ; b) DeepLabV3

Показатели IoU (Intersection over Union), характеризующие качество распознавания на тестовой выборке для различных архитектур ИНС, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение качества распознавания различных архитектур ИНС

Table 1 - Comparison of recognition quality of different INS architectures

Архитектура	IoU	Точность сети
FCN ResNet50	61	91
FCN ResNet101	64	92
DeepLabV3 ResNet50	66	92
DeepLabV3 ResNet101	67	92

Данные таблицы 1 показывают, что архитектура DeepLabV3 ResNet50 и DeepLabV3 ResNet101 демонстрируют более высокое качество работы по сравнению с FCN ResNet101.

В результате построения ИНС сегментационного типа удалось получить более детализированные маски для исходных изображений (рисунок 3).

Проведенное исследование сегментации проблемных участков сельскохозяйственных полей подтвердило, что применения ИНС рассмотренных архитектур вида DeepLabV3 ResNet50 позволяют успешно решать задачи выявления мелиоративного состояния агрополей методом многоклассовой сегментации, а также выявлять состояние сельскохозяйственных растений (рисунок 3).

Повышение точности и качества сегментации изображений распознаваемых участков сельскохозяйственных полей на разных стадиях (фазах) вегетационного цикла [9, 16] сдерживается ограниченным разрешением и точностью ручной разметки dataset, используемого для обучения, а также гиперпараметрами ИНС [3, 15, 18, 20].

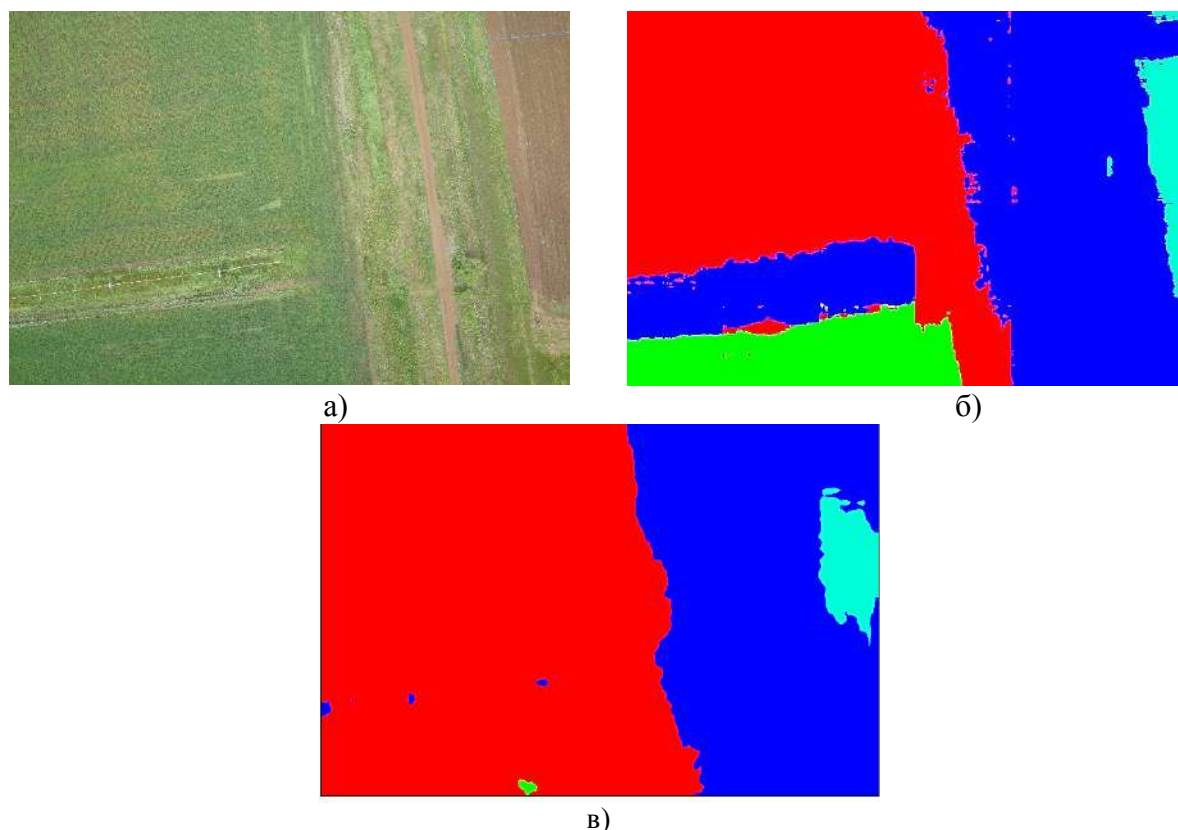


Рисунок 3 - Сегментация изображения участков агрополей
а) Исходное изображение; б) Обработка кластерами размером 500x500; в) Обработка изображения при масштабировании до 500x500

Figure 3 - Segmentation of the image of agricultural fields a) The original image; b) Processing with clusters of 500x500; c) Image processing when zooming up to 500x500

В качестве направления продолжения исследований планируется совершенствование БД и разрабатываемой программы сегментации. Совершенствование программы позволит обеспечить дополнительные возможности анализа временных рядов (ВР) ретроспективных изображений агрополей в процессе вегетации [19] с целью интеллектуальной оценки динамики развития растений [21], включая решение задачи нейросетевой регрессии.

Выводы. Анализ результатов исследования применения нейросети для сегментации сельскохозяйственных полей показал, что ИНС рассмотренных архитектур DeepLabV3 в сочетании с ResNet50 могут решать задачи сегментации и выявления мелиоративного состояния агрополей, а также состояния развития растений, при этом упомянутая архитектура продемонстрировала преимущества.

Повышение точности сегментации изображений распознаваемых участков сельскохозяйственных полей сдерживается ограниченным разрешением и точностью ручной разметки dataset, используемого для обучения.

Построенное семейство архитектур ИНС могут использоваться в качестве алгоритмического ядра для создания SaaS систем, при этом быстродействие используемой конфигурации ИНС может иметь решающее значение.

Совершенствование программы позволит обеспечить дополнительные возможности анализа ВР изображений сельскохозяйственных полей в процессе вегетации с целью интеллектуальной оценки динамики развития растений.

Библиографический список

1. Алексеев П. П., Квятковская И. Ю. Применение нейронных сетей в системе распознавания промысловых гидробионтов в условиях повышенной флуктуации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 2. С. 76–86.
2. Вакуленко Д., Кравец А. Реинжиниринг бизнес-процессов агропромышленных предприятий в условиях сквозной цифровой трансформации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 3. С. 115–125.
3. Исследование сверточных нейронных сетей для обнаружения объектов на аэрокосмических снимках / В. О. Скрипачев, М. В. Гуйда, Н. В. Гуйда, А. О. Жуков // International Journal of Open Information Technologies. 2022. Т. 10. № 7.
4. Комарова А. Ф., Журавлева И. В., Яблоков В. М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова // Принципы экологии. 2016. № 1. С. 40–74.
5. Лиля В. Б. Алгоритм и программная реализация адаптивного метода обучения искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1.
6. Мелешко И. В., Прохоренко В. А. Разработка приложения для семантической сегментации изображений с использованием Python, PyTorch, OpenCV и Albumentations // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. Материалы XXII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. Гомель, 2019. С. 142–143.
7. Применение алгоритмов искусственного интеллекта для контроля паводкоопасных территорий / К. А. Курганович, А. В. Шаликовский, Б. А. Босов, Д. В. Кочев // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 3. С. 6–24.
8. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Плещенко Т. В. Нейросетевая система управления программируемым аграрным производством с использованием ретроспективных данных и результатов дистанционного зондирования: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2021. 172 с.
9. Рогачёв А. Ф. Математическое моделирование экономической динамики в аграрном производстве: монография. Волгоград, 2014. 172 с.
10. Соловьев Р. А., Тельпухов Д. В., Кустов А. Г. Автоматическая сегментация спутниковых снимков на базе модифицированной свёрточной нейронной сети UNET // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4.
11. Филиппов Д. В., Чурсин И. Н. Оценка качества цифровых аэрофотоснимков // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2018. № 1. С. 34–39.
12. Чурсин И. Н., Филиппов Д. В., Горохова И. Н. Распознавание сельскохозяйственных культур по мультиспектральным космическим снимкам высокого разрешения // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2018. № 11. С. 22–27.
13. A Review on Deep Learning Techniques Applied to Semantic Segmentation / Garcia-Garcia Alberto, Orts-Escolano Sergio, Oprea Sergiu, Villena-Martinez Victor, Garcia-Rodriguez Jose. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.06857>.
14. Badrinarayanan V., Kendall A., Cipolla R. SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. <http://docs.cntd.ru/document/902361843>.
15. Context-sensitive image analysis for coloring nature images / A. V. Alekseev, V. L. Rozaliev, Y. A. Orlova, A. V. Zabolieva-Zotova // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2016. V. 451. P. 133–141.
16. Deep residual learning for image recognition / K. He, X. Zhang, X. Ren, J. Sun // Proceedings of the 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition — CVPR. Las Vegas, Nevada, USA, 2016. P. 770–778.
17. Fezan Review DeepLabv3 (Semantic Segmentation). 2020. <https://medium.com/swlh/review-deeplabv3-semantic-segmentation-52c00ddb28d>.
18. Rosebrock Adrian. Intersection over Union (IoU) for object detection. <https://www.pyimagesearch.com/2016/11/07/intersection-over-union-iou-for-object-detection>.

19. Saiz-Rubio V. From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207/html>.

20. Sik-Ho Tsang Review: DeepLabv3. Atrous Convolution (Semantic Segmentation). <https://towardsdatascience.com/review-deeplabv3-atrous-convolution-semantic-segmentation-6d818bfd1d74>.

21. Using computer modeling during evaluation of socio-labor potential of the region / Rogachev A.F., Tokarev K.E., Medvedeva L.N., Timoshenko M.A., Shiro M.S. // Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. Cham, 2019. Pp. C. 989-1004.

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор. <https://orcid.org/0000-0002-3077-6622>, rafr@mail.ru

Белоусов Илья Станиславович, аспирант кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) <https://orcid.org/0000-0003-4415-8742>, neznaukknazvatmail@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-53

ANALYSIS OF FUEL CONSUMPTION BY COMBINE HARVESTERS

A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, O. I. Poddubny

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.03.2022

Submitted 29.04.2022

Abstract

Introduction. The cost of harvesting crops is largely determined by the cost of fuel and lubricants. Reducing fuel consumption when harvesting cereals and leguminous crops, as well as sunflower is the most important task for technical workers of agricultural enterprises. It is possible to reduce the total fuel consumption of self-propelled agricultural machinery in a particular farm by choosing a combine harvester that ensures the harvesting of a given agricultural crop under given conditions with a minimum fuel consumption per ton of milled grain. The purpose of this work is to select a brand of a combine harvester from those used in an agricultural enterprise based on an analysis of fuel consumption per ton of milled grain by them when harvesting cereals and legumes, as well as sunflower. **Materials and methods.** The objects of the study were: high-performance grain harvesters of the 7th class TORUM-750 manufactured by the Limited Liability Company - Combine Plant «Rostselmash» and 6th class KZS-1218-29 «Polesie» manufactured by the Open Joint-Stock Company «Gomselmash». The combines were equipped with Agrotronic and Agronomic Services electronic systems, which allow, in particular, to remotely evaluate a number of parameters of combines and harvested crops. To study the fuel consumption of combine harvesters TORUM-750 and KZS-1218-29 «Polesie», participating in the harvesting of winter and spring wheat, peas and chickpeas, as well as sunflower in 2018 - 2020 in the farms of the north-west of the Volgograd region, statistical data were used, received according to indications of electronic systems. **Results and conclusions.** Based on the analysis of statistical information on fuel consumption by combine harvesters TORUM-750 and KZS-1218-29 «Polesie» for harvesting cereals and leguminous crops, the specific fuel consumption gt is calculated - fuel consumption per ton of grain milled by a combine harvester. It has been established that the average fuel consumption per ton of milled grain for the TORUM-750 combine was 3.96 l/t, and for the KZS-1218-29 «Polesie» - 3.99 l/t. At sunflower harvesting with a yield of 2.64 t/ha, the average specific fuel consumption by TORUM-750 and KZS-1218-29 combines was 4.48 l/t and 4.73 l/t, respectively. Statistical data made it possible to obtain mathematical dependences of the specific fuel consumption of TORUM-750 grain harvesters on the average yield - $0.642U^2 - 3.407U + 12.665$. The solution of these mathematical dependencies made it possible to establish the yield of harvested crops, at which the specific fuel consumption for combine harvesters is minimal. For combine harvesters TORUM-750 and KZS-1218-29, this yield is $Y1 = 3.4$ t/ha and $Y2 = 3.15$ t/ha, respectively. The average fuel con-

sumption per ton of threshed grain of winter and spring wheat, as well as peas and chickpeas for the TORUM-750 combine was 3.96 l/t, and for KZS-1218-29 «Polesie» - 3.99 l/t, and at sunflower harvesting with TORUM-750 and KZS-1218-29 combines amounted to 4.48 l/t and 4.73 l/t, respectively. It was revealed that with a decrease in the yield of the harvested crop, the specific fuel consumption increases. Mathematical dependences of the specific fuel consumption of TORUM-750 and KZS-1218-29 «Polesie» combines on the yield of cereals and legumes have been established, on the basis of which it has been established that the minimum specific fuel consumption for the TORUM-750 combine harvester $gt_{min} = 3.34$ l/t at a yield of $Y_1 = 3.4$ t/ha, and for KZS-1218-29 - $gt_{min} = 3.41$ l/t at $Y_2 = 3.15$ t/ha. Thus, the TORUM-750 combine harvester is more efficient in terms of the considered indicator for the research conditions than the KZS-1218-29 «Polesie».

Key words: *fuel consumption, combine harvester, harvesting of grain crops and leguminous crops and sunflower.*

Citation. Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubny O. I. Analysis of fuel consumption by combine harvesters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 466-473 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-53.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.354

АНАЛИЗ РАСХОДА ТОПЛИВА ЗЕРНОУБОРОЧНЫМИ КОМБАЙНАМИ

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент

О. И. Поддубный, исследователь, преподаватель-исследователь

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2022

Дата принятия к печати 29.04.2022

Актуальность. Себестоимость уборки сельскохозяйственных культур во многом определяется затратами на топливо-смазочные материалы. Снижение расхода топлива при уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур, а также подсолнечника – важнейшая задача для технических работников сельскохозяйственных предприятий. Снизить суммарный расход топлива самоходной сельскохозяйственной техникой в конкретном хозяйстве возможно за счет выбора зерноуборочного комбайна, обеспечивающего уборку заданной сельскохозяйственной культуры в данных условиях с минимальным расходом топлива на одну тонну намолоченного зерна. **Цель настоящей работы** – выбор марки зерноуборочного комбайна из используемых в сельскохозяйственном предприятии на основе анализа расхода топлива на одну тонну намолоченного зерна ими при уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур, а также подсолнечника. **Материалы и методы.** Объектами исследования являлись: высокопроизводительные зерноуборочные комбайны 7 класса TORUM-750 производства ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» и 6 класса КЗС-1218-29 «Полесье» производства ПО «Гомсельмаш». Комбайны были оборудованы электронными системами «Агротроник и агрономические сервисы», которые позволяют, в частности, удаленно оценивать ряд параметров комбайнов и убираемых культур. Для изучения расхода топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 «Полесье», участвующими на уборке озимой и яровой пшеницы, гороха и нута, а также подсолнечника в 2018 – 2020 годы в хозяйствах северо-запада Волгоградской области, использовались статистические данные, полученные по показаниям электронных систем. **Результаты.** На основе анализа статистической информации по расходу топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 «Полесье» на уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур рассчитан удельный расход топлива g_t – расход топлива на одну тонну зерна, намолоченного зерноуборочным комбайном. Установлено, что средний расход топлива на одну тонну намоло-

ченного зерна для комбайна TORUM-750 составил 3,96 л/т, а КЗС-1218-29 «Полесье» – 3,99 л/т. На уборке подсолнечника с урожайностью 2,64 т/га средний удельный расход топлива комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 составил соответственно 4,48 л/т и 4,73 л/т. Статистические данные позволили получить математические зависимости удельного расхода топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 от средней урожайности Y убираемых зерновых колосовых и зернобобовых культур: $g_r = 0,406Y^3 - 2,514Y^2 + 3,027Y + 6,157$ и КЗС-1218-29: $g_r = 0,251Y^3 - 0,642Y^2 - 3,407Y + 12,665$. Решение указанных математических зависимостей позволило установить урожайность убираемых культур, при которой удельный расход топлива для зерноуборочных комбайнов минимальный. Для зерноуборочных комбайнов TORUM-750 и КЗС-1218-29 эта урожайность соответственно равна $Y_1 = 3,4$ т/га и $Y_2 = 3,15$ т/га. **Выводы.** Средний расход топлива на одну тонну намолоченного зерна озимой и яровой пшеницы, а также гороха и нута для комбайна TORUM-750 составил 3,96 л/т, а КЗС-1218-29 «Полесье» – 3,99 л/т, а при уборке подсолнечника комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 составил соответственно 4,48 л/т и 4,73 л/т. Выявлено, что при снижении урожайности убираемой культуры удельный расход топлива растет. Установлены математические зависимости удельного расхода топлива комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 «Полесье» от урожайности зерновых колосовых и зернобобовых культур, на основе которых установлено, что минимальный удельный расход топлива для зерноуборочного комбайна TORUM-750 $g_{rmin} = 3,34$ л/т при урожайности $Y_1 = 3,4$ т/га, а для КЗС-1218-29 – $g_{rmin} = 3,41$ л/т при $Y_2 = 3,15$ т/га. Таким образом, зерноуборочный комбайн TORUM-750 эффективнее по рассматриваемому показателю для условий исследования, чем КЗС-1218-29 «Полесье».

Ключевые слова: расход топлива, зерноуборочные комбайны, уборка зерновых культур, уборка подсолнечника.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Анализ расхода топлива зерноуборочными комбайнами. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 466-473. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-53.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях развития сельскохозяйственного производства необходимо использовать технику, в том числе и зерноуборочные комбайны, не попадающие под экономические санкции стран, недружественных для Российской Федерации. При этом зерноуборочные комбайны должны быть высокоэффективны при их использовании [1, 4, 13, 14]. Одним из важнейших показателем эффективности при выборе зерноуборочных комбайнов из ряда возможных является расход топлива [7, 9, 10]. Данный показатель применяется также при рейтинговой оценке зерноуборочных комбайнов [16] и анализе их использования [2, 3, 5, 8, 11, 15, 17], оптимизации энергозатрат при уборке урожая [12] и при решении ряда других задач [6, 18, 19]. От расхода топлива существенно зависят эксплуатационные затраты при использовании зерноуборочных комбайнов, а следовательно, себестоимость уборки и в конечном счете – цена зерна. В связи с этим важнейшими задачами для технических работников сельскохозяйственного производства являются поддержание оптимального уровня расхода топлива самоходной сельскохозяйственной техникой, а также поиск путей снижения расхода топлива на одной из самых энергоемких операций при возделывании сельскохозяйственных культур – уборке урожая. Снизить суммарный расход топлива самоходной сельскохозяйственной техникой в конкретном хозяйстве возможно за счет выбора зерноуборочного комбайна, обеспечивающего уборку заданной сельскохозяйственной культуры в данных условиях с минимальным расходом топлива на одну тонну намолоченного

ченного зерна. Цель настоящей работы – выбор марки зерноуборочного комбайна из используемых в сельскохозяйственном предприятии на основе анализа расхода топлива на одну тонну намолоченного зерна ими при уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур, а также подсолнечника.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись: высокопроизводительные зерноуборочные комбайны 7 класса TORUM-750 производства ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» и 6 класса КЗС-1218-29 «Полесье» производства ПО «Гомсельмаш». Комбайны были оборудованы электронными системами «Агротроник и агрономические сервисы», которые позволяют, в частности, удаленно оценивать ряд параметров комбайнов и убираемых культур.

Для изучения расхода топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 «Полесье», участвующими на уборке озимой и яровой пшеницы, гороха и нута, а также подсолнечника в 2018 – 2020 годы в хозяйствах северо-запада Волгоградской области, использовались статистические данные, полученные по показаниям электронных систем.

Количество исследуемых комбайнов на уборке указанных сельскохозяйственных культур представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество исследуемых зерноуборочных комбайнов

Table 1 – The number of grain harvesters studied

Убираемая культура / Harvested culture	Количество исследуемых зерноуборочных комбайнов, шт. / The number of grain harvesters studied, pcs.					
	Марка зерноуборочного комбайна / The brand of the combine harvester					
	TORUM-750			КЗС-1218-29		
	Год исследования / Year of research					
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Озимая пшеница / Winter wheat	6	9	9	14	11	11
Яровая пшеница / Spring wheat	-	9	9	13	11	11
Горох / Peas	6	-	-	7	-	-
Нут / Chickpeas	6	9	8	7	-	-
Подсолнечник / Sunflower	6	9	9	14	11	11

Урожайность сельскохозяйственных культур, убираемых исследуемыми зерноуборочными комбайнами, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Средняя урожайность убираемых культур, т/га

Table 2 – Average yield of harvested crops, t/ha

Озимая пшеница / Winter wheat		Яровая пшеница / Spring wheat		Горох / Peas		Нут / Chickpeas	
Марка зерноуборочного комбайна / The brand of the combine harvester							
TORUM-750	КЗС-1218-29	TORUM-750	КЗС-1218-29	TORUM-750	КЗС-1218-29	TORUM-750	КЗС-1218-29
2018 г.							
3,22	2,73	-	1,88	1,14	1,01	1,48	1,14
2019 г.							
3,56	3,39	1,85	1,95	-	-	2,29	-
2020 г.							
3.87	3.63	2.48	1.92	-	-	1.62	-

Представленные в таблице 2 данные могут быть основой для оценки расхода топлива исследуемыми зерноуборочными комбайнами в зависимости от урожайности убираемой сельскохозяйственной культуры.

Результаты и обсуждение. С целью анализа расхода топлива двумя марками комбайнов на уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур проведена обработка статистической информации и рассчитан удельный расход топлива g_t – расход топлива на одну тонну зерна, намолоченного зерноуборочным комбайном

$$g_t = Q/G, \quad (1)$$

где Q - намолот зерна, т, G - расход топлива, л.

Результаты расчета g_t представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические данные по намолоту и расходу топлива зерноуборочными комбайнами при уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур

Table 3 – Statistical data on threshing and fuel consumption by combine harvesters when harvesting grain and leguminous crops

Показатель / Indicator	Убираемая культура / Harvested culture							
	Озимая пшеница / Winter wheat		Яровая пшеница / Spring wheat		Горох / Peas		Нут / Chickpeas	
	Марка зерноуборочного комбайна / The brand of the combine harvester							
	TORUM- 750	КЗС- 1218-29	TORU M-750	КЗС- 1218-29	TORU M-750	КЗС- 1218-29	TORU M-750	КЗС- 1218-29
	2018 г.							
Q, т	10142,0	14871,6	-	2591,5	570,3	268,5	3592,7	482,5
G, л	34168,0	57093,0	-	15134,0	3943,0	2380,0	22872,0	3988,0
gт, л/т	3,37	3,84	-	5,84	6,91	8,86	6,37	8,27
2019 г.								
Q, т	23566,8	17158,8	4749,5	1771,0	-	-	3806,6	-
G, л	78712,0	59715,0	25960,0	9947,0	-	-	20985,0	-
gт, л/т	3,34	3,48	5,47	5,62	-	-	5,51	-
2020 г.								
Q, т	29408,5	16171,8	2110,7	3616,1	-	-	1109,2	-
G, л	109618,0	60903,0	9279,0	17980,0	-	-	7155,0	-
gт, л/т	3,73	3,77	4,40	4,97	-	-	6,45	-

Таблица 4 – Статистические данные по намолоту и расходу топлива зерноуборочными комбайнами при уборке подсолнечника

Table 4 – Statistical data on threshing and fuel consumption by combine harvesters during sunflower harvesting

Показатель / Indicator	Значение исследуемого показателя / The value of the studied indicator					
	Марка зерноуборочного комбайна / The brand of the combine harvester					
	TORUM-750			КЗС-1218-29		
	Год исследования / Year of research					
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Q, т	6809,9	8988,1	9998,4	13621,2	9107,1	12144,8
G, л	31564,0	41597,0	42476,0	66756,0	47891,0	50148,0
g _г , л/т	4,64	4,62	4,25	4,90	5,26	4,13

Представленные в таблицах 3 и 4 результаты показывают:

- суммарный намолот зерна озимой и яровой пшеницы, а также гороха и нута в течение трех уборочных сезонов всеми зерноуборочными комбайнами составил 135988 т при расходе топлива 539832 л;

- средний удельный расход топлива рассматриваемыми марками зерноуборочных комбайнов составил 3,97 л/т;

- средний удельный расход топлива TORUM-750 при уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур в условиях северо-запада Волгоградской области составил 3,96 л/т, а КЗС-1218-29 – 3,99 л/т, что существенно ниже, чем, например, в Гродненском районе Республики Беларусь [11];

- при снижении урожайности зерновых колосовых и зернобобовых культур удельный расход топлива зерноуборочных комбайнов растет;

- средний удельный расход топлива комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 при уборке подсолнечника со средней урожайности 2,64 т/га составил соответственно 4,48 л/т и 4,73 л/т.

Статистические данные позволили построить зависимости удельного расхода топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 от средней урожайности убираемых зерновых колосовых и зернобобовых культур (рисунки 1 и 2).

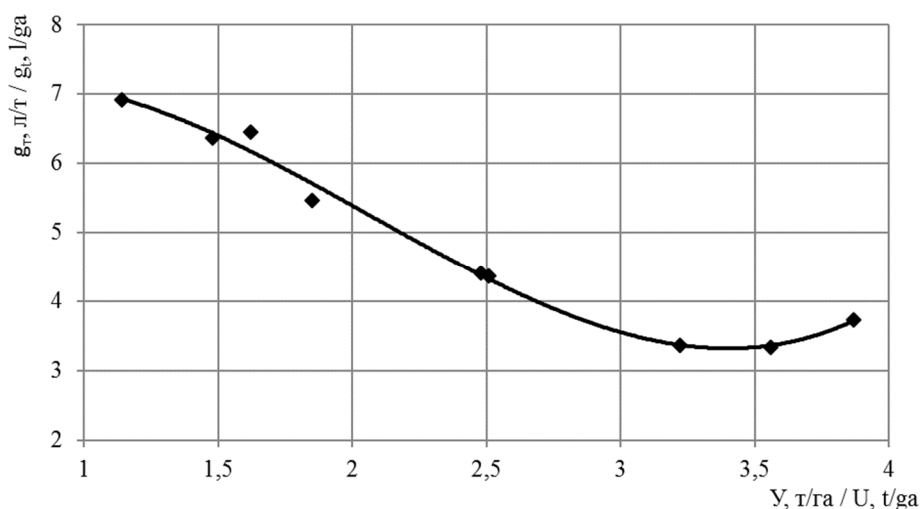


Рисунок 1 – Удельный расход топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 в зависимости от средней урожайности убираемых культур

Figure 1 – Specific fuel consumption by combine harvesters TORUM-750 depending on the average yield of harvested crops

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, описываются следующим уравнением:

$$g_t = 0,406Y^3 - 2,514Y^2 + 3,027Y + 6,157 \quad (2)$$

при достоверности аппроксимации $R^2 = 0,991$.

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 2, описываются следующим уравнением:

$$g_t = 0,251Y^3 - 0,642Y^2 - 3,407Y + 12,665, \quad (3)$$

при достоверности аппроксимации $R^2 = 0,993$.

Для того чтобы найти урожайность зерновых колосовых и зернобобовых культур, при которой удельный расход топлива зерноуборочными комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 будет минимальным, используем известный метод. Для этого возьмем первую производную соответственно от зависимостей (2) и (3), затем полученные вы-

ражения приравняем к нулю, решим их и в результате получим, что минимальный удельный расход топлива зерноуборочным комбайном TORUM-750 будет при урожайности убираемой культуры $Y_1 = 3,40$ т/га, а КЗС-1218-29 – при $Y_2 = 3,15$ т/га.

По зависимостям (2) и (3) определены значения минимального удельного расхода топлива зерноуборочным комбайном при рассчитанных урожайностях зерновых колосовых и зернобобовых культур. Так, для зерноуборочного комбайна TORUM-750 $g_{\min} = 3,34$ л/т, а для КЗС-1218-29 – $g_{\min} = 3,41$ л/т.

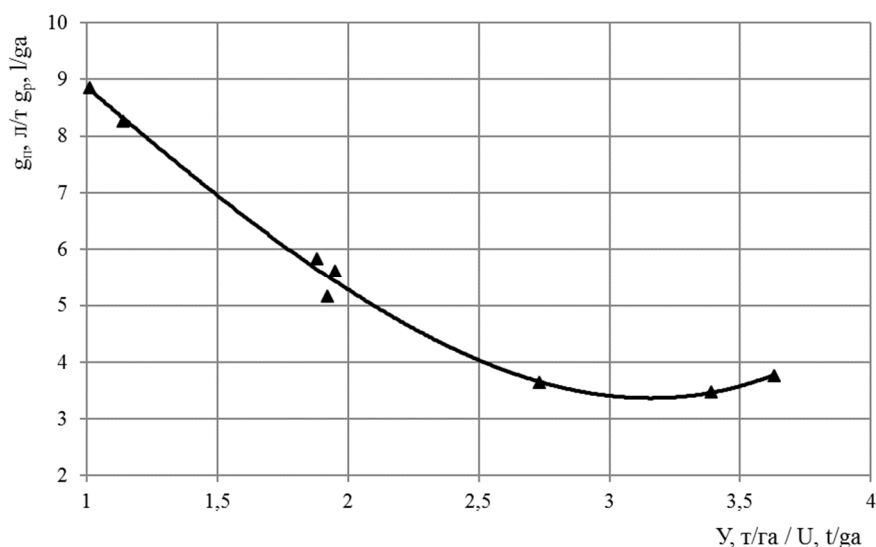


Рисунок 2 – Удельный расход топлива зерноуборочными комбайнами КЗС-1218-29 в зависимости от средней урожайности убираемых культур

Figure 2 – Specific fuel consumption by combine harvesters KZS-1218-29 depending on the average yield of harvested crops

Выводы. Средний расход топлива на одну тонну намолоченного зерна озимой и яровой пшеницы, а также гороха и нута для комбайна TORUM-750 составил 3,96 л/т, а КЗС-1218-29 «Полесье» – 3,99 л/т, а при уборке подсолнечника комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 составил соответственно 4,48 л/т и 4,73 л/т. Выявлено, что при снижении урожайности убираемой культуры удельный расход топлива растет. Установлены математические зависимости удельного расхода топлива комбайнами TORUM-750 и КЗС-1218-29 «Полесье» от урожайности зерновых колосовых и зернобобовых культур, на основе которых установлено, что минимальный удельный расход топлива для зерноуборочного комбайна TORUM-750 $g_{\min} = 3,34$ л/т при урожайности $Y_1 = 3,4$ т/га, а для КЗС-1218-29 – $g_{\min} = 3,41$ л/т при $Y_2 = 3,15$ т/га. Таким образом, зерноуборочный комбайн TORUM-750 эффективнее по рассматриваемому показателю для условий исследования, чем КЗС-1218-29 «Полесье».

Библиографический список

1. Бышов Н. В., Ряднов А. И., Федорова О. А. Машина для уборки зерновых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 249-254.
2. Воронов Е. В., Калашов А. А. Основные результаты работы новых зерноуборочных комбайнов // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2015. № 4 (13). С. 24-26.
3. Ерохин Г. Н. Об уровне использования производительности зерноуборочных комбайнов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 12-1 (31). С. 92-94.
4. Жалнин Э. В. Какой комбайн выбрать // Сельский механизатор. 2015. № 4. С. 4-6.

5. Иванченко П. Г., Табулденев А. Н. Результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов «ESSIL-730» И «NOVA-340» на уборке пшеницы // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1. С. 69-73.
6. Канделя М. В. Пути снижения энергозатрат при уборке зерновых и сои в условиях Дальнего Востока // Вестник ФГБОУ ВО "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 32-35.
7. Кидяева Н. П., Щитов С. В., Жирнов А. Б. Оптимизация выбора комбайна по расходу топлива при уборке сельскохозяйственных культур // Техника и оборудование для села. 2013. № 1. С. 18-20.
8. Ключков А. В., Шундалов Б. М. Анализ использования зерноуборочных комбайнов различных моделей в уборочной кампании 2016 года // Вестник БГСХА. 2017. № 1. С. 9–12.
9. Ключков А. В., Шундалов Б. М., Ковалевский В. Ф. Тенденции формирования и использования парка зерноуборочных комбайнов в АПК Беларуси // Белорусское сельское хозяйство. 2015. № 6 (158). С. 104–107.
10. Ключков А. В., Шундалов Б. М. Универсальный показатель работы зерноуборочных комбайнов: структурный коэффициент опережения // Вестник БГСХА. 2014. № 3. С. 23–27.
11. Оценка использования зерноуборочных комбайнов в Гродненском районе / А. В. Ключков, Б. М. Шундалов, В. Ф. Ковалевский, А. Н. Рыхлицкий // Вестник БГСХА. 2015. № 2. С. 5–11.
12. Пути оптимизации энергозатрат в технологии возделывания сельскохозяйственных культур / С. В. Щитов, П. В. Тихончук, О. П. Митрохина, Н. П. Кидяева // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 6. С. 72-74.
13. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 163-178.
14. Федорова О. А. Комплексный критерий оценки эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 4 (28). С. 181–190.
15. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование границ использования зерноуборочных комбайнов с различным сроком службы // АПК России. 2013. Т. 64. С. 93–96.
16. Шундалов Б. М., Ключков А. В. Рейтинговая оценка работы зерноуборочных комбайнов в условиях Республики Беларусь // Вестник БГСХА. 2011. № 1. С. 15–20.
17. Щитов С. В., Кидяева Н. П., Митрохина О. П. Оценка эффективности использования зерноуборочной техники с применением методов численного решения // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 3 (39). С. 94-99.
18. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev, M. V. Cheskidov, V. D. Shepelev, Z. V. Almetova, N. P. Shepeleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2018. P. 012053.
19. Shitov S. V., Tihonchuk P. V., Hudovetz V. I. Expansion of the sphere of the use the traktor of the class 1.4 in technology of crop growing // Scienc, Technology and Higher Education: materials of the international research and practice conference, Westwood, 2013. Vol. II. P. 313–317.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru.

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru;

Поддубный Олег Игоревич – исследователь, преподаватель-исследователь ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2620-2658>. E-mail: olegan.93@mail.ru

FORMATION OF HYDROCHEMICAL INDICATORS OF SURFACE WATERS OF SMALL STEPPE ANTHROPOGENICALLY LOADED RIVERS

S. Ya. Semenenko¹, N.V. Morozova², S. S. Marchenko³

¹*Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»,
Volgograd*

²*Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow region*

³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 11.04.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The influence of a settlement located in the catchment area of the Tsaritsa river on the hydrochemical composition and contamination of surface waters and bottom sediments has been established. Sources of pollution have been identified, rehabilitation measures have been recommended.

Abstract

Introduction. Pollution of a natural and man-made nature, which is increasing significantly at the present time, most sensitively affects the ecological state of small steppe rivers passing through settlements. To study their possible use for recreational purposes, irrigation purposes and to determine the impact on the quality of the Volga River waters, it is necessary to monitor the sources of diffuse and concentrated runoff, the dynamics of surface water pollutants and bottom sediments. **Object.** The object of the study is the quality of the emerging surface runoff and bottom sediments, the volume and structure of spontaneous landfills of solid household and construction waste located in the floodplain of the Tsaritsa River. To identify the updated ecological state of the water protection and protective coastal territories of the Tsaritsa River in the zone of anthropogenic impact in Volgograd with the determination of hydrochemical indicators of water and bottom sediments, the volumes of landfills of construction debris and solid household waste, as well as to recommend rehabilitation measures. **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of empirical (observation, description, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) levels based on the results of field surveys and direct field measurements. **Results and conclusions.** Sources of pollution in the form of storm sewers, surface runoff from industrial enterprises, landfills of production and consumption waste have been identified in the catchment area, the chemistry of water and bottom sediments has been determined. During the route survey, various culvert hydraulic structures, dams, transitional bridges (including spontaneous ones), sewer collectors were noted and their operability was studied. The need for the organization of sanitary and environmental monitoring to assess the spatial and temporal variability of the amount of pollutants, the concentration of chemicals in the runoff and water body and to make a decision on the need for technical and biological reclamation of the Tsaritsa river has been determined. Recommendations on the use of bottom sediments depending on the chemical composition are given and measures for ecological reclamation of a water body are proposed.

Keywords: *Small rivers, pollution of reservoirs, bottom sediments, environmental monitoring, floodplain rehabilitation.*

Citation. Semenenko S. Ya., Morozova N.V., Marchenko S. S. Formation of hydrochemical indicators of surface waters of small steppe anthropogenically loaded rivers. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 474-487 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-54.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the collection and preparation of material, calculations and analysis of the results of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 626.81

ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МАЛЫХ СТЕПНЫХ АНТРОПОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ РЕК

С. Я. Семененко¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. В. Морозова², кандидат технических наук, с.н.с.

С. С. Марченко³, кандидат технических наук, доцент

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград,
Россия

² Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
Московская область, Одинцовский район, р.п. Новоивановское, Россия

³ Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Загрязнения природного и техногенного характера, в значительной степени увеличивающиеся в настоящее время, наиболее чувствительно отражаются на экологическом состоянии малых степных рек, проходящих через населённые пункты. Для изучения возможности их использования в рекреационных целях, целях орошения и определения влияния на качество вод р. Волга необходимо проведение мониторинга источников диффузного и сосредоточенного стоков, динамики загрязнителей поверхностных вод и донных отложений. **Объект.** Объектом исследования является качество формирующегося поверхностного стока и донных отложений, объёмы и структура стихийных свалок твёрдых бытовых и строительных отходов, располагающихся в пойме р. Царица. **Цель.** Выявить актуализированное экологическое состояние водоохранной и защитной прибрежной территорий р. Царица в зоне воздействия антропогенной нагрузки г. Волгограда с определением гидрохимических показателей воды и донных отложений, объёмов свалок строительного мусора и твёрдых бытовых отходов, а также рекомендовать реабилитационные мероприятия. **Материалы и методы.** В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней, основанных на результатах натурных обследований и непосредственных полевых измерений. **Результаты и выводы.** На территории водосбора определены источники загрязнений в виде ливневой канализации, поверхностного стока с территорий промышленных предприятий, свалок отходов производства и потребления, определён химизм воды и донных отложений. При маршрутном обследовании отмечены различные водопропускные гидротехнические сооружения, дамбы, переходные мостики (в т. ч. стихийные), канализационные коллекторы и изучена их работоспособность. Определена потребность в организации санитарно-экологического мониторинга для оценки пространственно-временной изменчивости количества поступления загрязняющих веществ, концентрации химических веществ в стоке и водном объекте и принятия решения о необходимости проведения технической и биологической мелиорации р. Царица. Даны рекомендации по использованию донных отложений в зависимости от химического состава и предложены мероприятия по экологической мелиорации водного объекта.

Ключевые слова: малые реки, загрязнение водоемов, твёрдые коммунальные отходы, донные отложения, экологический мониторинг, реабилитация поймы.

Цитирование. Семененко С. Я., Морозова Н. В., Марченко С. С. Формирование гидрохимических показателей поверхностных вод малых степных антропогенно нагруженных рек. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 474-487. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-54.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в маршрутных исследованиях, планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Водные объекты аридных территорий, особенно малые реки, отличаются быстрой реакцией на негативное экологическое воздействие, характеризующееся ухудшением качественных показателей воды и донных отложений [1, 4].

Эта особенность основана на малых расходных характеристиках не только в межень, но и в период половодья, что препятствует образованию промывного режима. Такие реки, как правило, не имеют в своём русле естественных водохранилищ, выполняющих функции суточного или сезонного регулирования, а также функции отстойника для механического разделения загрязнённой воды, и не обладают способностью самоочищения. В летний период они не имеют постоянного водотока.

В качестве водоисточника для питьевого и хозяйственно-бытового назначения не используются, но используются для рекреационного водопользования, и в связи с этим к ним предъявляются соответствующие нормативные требования, особенно если они протекают в черте населённых мест [5, 6].

Восстановление нормального функционирования основных звеньев экологических систем водного объекта возможно при помощи экологической реабилитации водного объекта, направленной в первую очередь на оптимизацию его гидрологического режима.

Увеличение численности городского населения характерно для всех стран мира, однако в Российской Федерации за последние 50 лет интенсивность данного процесса на 19-33 % выше, чем в западных странах. Увеличение распаханности водосборных территорий и числа животноводческих комплексов, расширение населённых пунктов с ростом их численности, инфраструктуры и транспорта приводят к увеличению антропогенной нагрузки на водные объекты данных территорий через загрязнённый диффузный сток, а твердые частицы пыли, различные газы, содержащиеся в загрязнённой атмосфере, поставляют в водоток химические примеси неорганического и органического характера [9-11, 13].

Соединения тяжёлых металлов, с их способностью к биоаккумуляции даже в относительно низких концентрациях, приводят к ухудшению химических, физических и механических свойств воды и донных отложений. Наличие на водоохранной и защитной прибрежной территории стихийных свалок усиливает приток химических примесей через свалочный фильтрат в водоём и их накопление в донных отложениях [8, 14-16].

Суммарное воздействие негативных факторов загрязнений техногенного и природного характера является особенностью современного антропогенного времени, при этом значимость первой составляющей многократно превышает уровень второй, поступающий из природных ландшафтов соизмеримой территории [7, 12].

Материалы и методы. В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней. Исходными материалами для анализа являлись статистические данные Управления Волгоградстат, ГИС-технологий, непосредственных маршрутных обследований, непосредственных измерений и лабораторных анализов, проведённых на оборудовании, соответствующем требованиям метрологии и стандартизации Росстандарта. Качество воды оценивалось в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод» по удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды (УКИЗВ). Оценка образцов донных отложений производилась в соответствии с «Методическими указаниями по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов».

Результаты и обсуждение. Размещение объекта и контрольных (опорных) точек на трассе обследования показано на рисунке 1. Согласно генплану г. Волгограда, территория поймы реки Царица в верхнем и среднем русле относится к зоне озеленения территорий специального назначения, а в нижнем русле – к зоне озелененных территорий рекреационного назначения.

Обследованная река Царица (ранее Пионерка) проходит по высокоурбанизированной территории г. Волгограда с населением около одного миллиона человек. Общая длина реки составляет 19,2 км, площадь водосбора около 110 км², в том числе в черте города – 40 км².

Долина реки широкой трапецеидальной формы представляет собой один из многочисленных оврагов города, имеющих общую длину 59,6 км. В 60-е годы прошлого столетия в нижней части течения река была забрана в подземный коллектор, а пойма реки до ул. Череповецкой намыта песком на высоту 8-10 м, что исключило её затопление при разливе Волги. В настоящее время на данной территории обустроена рекреационная зона, парк им. А. Пахмутовой, музей «Россия – моя история» и др.

Из обильного ключа, находящегося у посёлка Максима Горького берет свое начало река Царица. Далее в нее впадают две реки - Талая и Глубокая, истоками которых также являются ключи.

Проведённое маршрутное обследование водосборной территории показало, что сухими степями и пологими склонами представлена приводораздельная часть в истоке, а пойма реки слабо выражена.

В средней части ширина долины составляет около 100 метров, а в нижней доходит до 250. Ергенинские пески на поверхность почвы выходят в верхней и средней части долины с подошвой на глубине 106-120 м, а пески кварцево-глауконитовые – в нижней. Тонкослоистые, тёмно-серые аргиллиты мощностью до 9,5 м наблюдаются в долине реки, мощность слоя аллювия составляет около 10 м. [2, 3].

Протекает река по 4 административным районам: сельскому Городищенскому на протяжении 12,3 км, и городским – Ворошиловскому, Дзержинскому и Центральному г. Волгограда на протяжении 6,9 км с общей численность населения более 407 тыс. человек.



Рисунок 1 – Трасса обследования / Figure 1 – Surveyroute

У основания 2-й Продольной магистрали в долине реки Царица, справа от дороги при движении к югу, находится источник, которому исполнилось 111 лет, занесенный в путеводитель святых мест России. Воды родника на расстоянии нескольких метров впадают в реку Царица. Формируется источник в основании ергенинских отложений.

По классификации река относится к малым степным рекам, испытывает сильную антропогенную нагрузку, которая существенно отражается на её экологическом состоянии и влияет на условия проживания населения.

Водные ресурсы реки незначительны – расход воды в меженный период составляет около $0,02 \text{ м}^3/\text{сек}$, в весенний паводок доходит до $0,3 \text{ м}^3/\text{сек}$.

На присутствие водорастворимых органических и неорганических веществ указывает характерный цвет воды – от тёмно-серого до тёмно-зелёного, она мутная и непрозрачная (рисунок 2).



Рисунок 2 – Воды р. Царица / Figure 2 – The waters of the Tsaritsa river

Развитие процессов эрозии основано на сформировавшейся на водосборной территории дорожной сети без твёрдого покрытия. На них почвы смытые, уплотненные. В результате выпадения осадков или обильного весеннего снеготаяния на дорогах концентрируются водные потоки, приводящие к смыву почвогрунта и образованию струйных размывов (рисунок 3). Интенсифицирует процессы размыва воздействие на переувлажненное грунтовое дорожное полотно автомобильных колес. Местами дороги располагаются поперек склона, что приводит к формированию небольших откосов.

На всем протяжении русла реки на ее берегах располагаются дачные массивы и частные жилые домовладения. На средней части поймы, от ул. Полоненко до ул. Череповецкая, на склонах реки располагаются жилые массивы, местами практически до уреза воды, а в некоторых местах, непосредственно в пойме, располагаются стихийные огороды с подсобными постройками (рисунок 4).

Река сильно меандрирует в пойме по ширине до 100-150 м. Базис эрозии более 5 м. Поверхность склонов преобразована в результате строительства.

В пойме реки Царица (опорная точка 110, 2-я Продольная магистраль) скорость течения интенсивнее. Ширина русла не превышает 2-3 м. В результате подмыва берегов происходит оголение корневых систем древесных пород, после чего они выворачиваются из почвогрунта и погибают.

Склоны антропогенно преобразованные. В результате строительства многоэтажных домов, магазинов и гаражей склоны отсыпаны грунтом без проведения укрепления и уплотнения, что приводит к интенсификации водной эрозии.



Рисунок 3 – Интенсификация размыва склона дорожной сетью

Figure 3 – Intensification of slope erosion by the road network

В настоящий момент прибрежная зона р. Царица захламлена твердыми коммунальными отходами (ТКО) и отходами строительства (рисунок 5).



Рисунок 4 – Самовольные застройки на водоохранной зоне

Figure 4 – Unauthorized developments in the water protection zone



Рисунок 5 – Характеристика захламления прибрежной защитной зоны

Figure 5 – Characteristics of littering of the coastal protection zone

Прибрежная зона характеризуется зарастанием древесно-кустарниковой растительностью, а русло реки тростником. Установленные насосные станции для осуществления водозабора на хозяйственные нужды дачных обществ и домовладений ухудшают гидрологический и гидрохимический режимы реки и ее экологическое состояние. Отмечается наличие различных организованных водовыпусков, ливневых и канализационных (рисунок 6).



Рисунок 6 – Канализационные водовыпуски / Figure 6 – Seweroutlets

По результатам обследования водного объекта в пределах прибрежной зоны выявлено 119 мест размещения твердых коммунальных и строительных отходов, общей площадью 9867,44 м² и объемом 5398,07 м³, из них 2259,69 м³ приходится на ТКО.

Некоторые участки прибрежной зоны, где не было зафиксировано мест свалочного мусора, сосредоточенного по геометрическим параметрам (площадь, высота), характеризуются различной степенью захламленности. При большой протяженности (более 100 м) или частоты встречаемости фрагментов отходов и мусора данные участки территории представляют собой фон захламления.

Наибольший объем ТКО отмечают на маршруте с опорными точками, представленными на рисунке 7.



Рисунок 7 – Месторасположение и значение объёмов ТКО
Figure 7 – Littering of the coastal zone with solid municipal waste

Наибольший объем строительных отходов отмечается на маршруте с опорными точками, что представлено на рисунке 8.

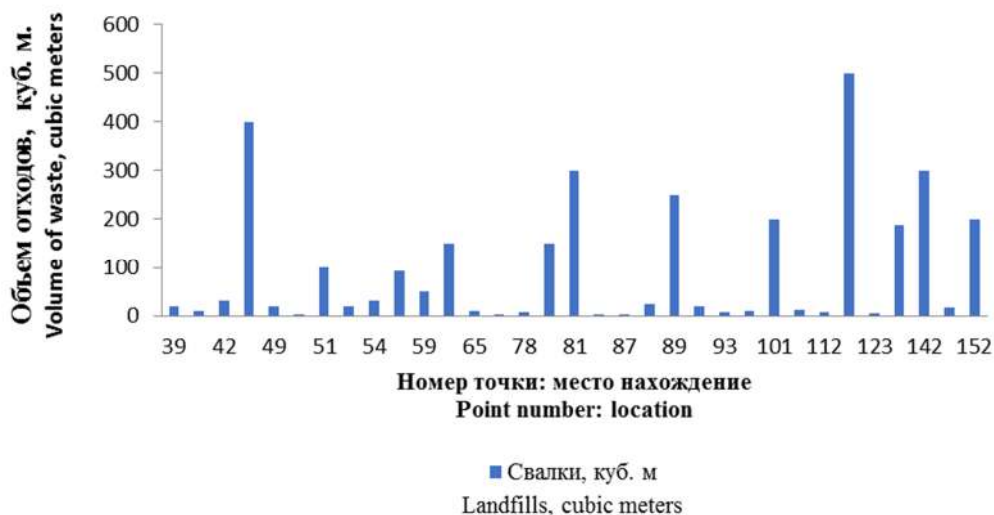


Рисунок 8 – Месторасположение и значение объёмов строительных отходов

Figure 8 – Littering of the coastal zone with construction waste

Территории, захламлинные отходами с различной степенью, отмечаются на маршруте с опорными точками, представленными в таблице 1.

Таблица 1 –Захламленность территории прибрежной зоны отходами

Table 1 – Littering of the territory of the coastal zone with waste

Координаты точки / Coordinates of the point	Номер опор- ной точки / Reference point number	Степень захламленности территории, ед. з. / The degree of clutter of the terri- tory, units	Характеристика степени за- хламленности территории / Characteristics of the degree of clutteriness of the territory
48°43'01,602"СШ 44°22'45,528"ВД	9	26-40	Средняя степень захламленно- сти / Average degree of clutter
48°42'56,532"СШ 44°26'30,798"ВД	40	26-40	Средняя степень захламленно- сти / Average degree of clutter
48°42'31,632"СШ 44°29'23,874"ВД	85	41-60	Захламленная территория / Cluttered territory
48°42'25,284"СШ 44°29'07,308"ВД	113	26-40	Средняя степень захламленно- сти / Average degree of clutter
48°42'27,456"СШ 44°29'06,984"ВД	125	11-25	Малая степень захламленно- сти территории
48°42'38,202"СШ 44°28'49,416"ВД	134	11-25	Малая степень захламленно- сти территории / A small de- gree of clutter in the territory
48°42'39,348"СШ 44°28'46,950"ВД	135	11-25	Малая степень захламленно- сти территории / A small de- gree of clutter in the territory

Отмечены некоторые закономерности в формировании и распределении отходов:

1. Зависимость степени захламления территории от количества жителей на прилегающих территориях. Исток реки, находящийся в степной зоне с небольшим количеством мелких посёлков, характеризуется фоновым захламлением как строительными

отходами, так и отходами ТКО. В средней части реки с увеличением численности сельского населения объёмы захламления увеличиваются при сохранении структуры. Далее, с появлением многоэтажной застройки и увеличением проживающих на левом берегу реки объёмы отходов значительно увеличиваются.

2. Зависимость структуры отходов от характера жилищной застройки. На левом берегу реки, где преобладает многоэтажная застройка, основу захламления составляют строительные отходы, а на правобережье, где располагаются объекты индивидуальной жилой застройки, преобладают ТБО с большой долей шин, древесных отпилов, старой мебели и др.

3. Зоны захламления формируются в среднем и нижнем течении на выходе улиц к берегам реки.

На старозахламлённых территориях, уже заросших древесной растительностью, где отходы могут принимать порой причудливые формы, возможен только ручной способ сбора отходов, что приведет к значительному удорожанию их сбора (рисунок 9).



Рисунок 9 – Уникальная «взаимосвязь» дикой природы и творения человека

Figure 9 – The unique "relationship" of wildlife and human creation

Большое количество старых автомобильных шин, находящихся на прибрежной защитной полосе, выделяет в окружающую среду целый ряд веществ: бензопирен, продукты окисления молекул бутадиен-стирольного каучука, полибутадиена, спиртов и т.д. Под воздействием осадков, солнца, ветра шины рассыпаются, и мелкая крошка покрывает поверхность почвы, проникает в неё и отравляет элементы ландшафта.

На основании протоколов исследований химического состояния поверхностных вод установлено, что в истоковой части они относятся к третьему классу и характеризуются как «загрязнённые», а ближе к устьевой части – к четвёртому классу и характеризуются как «грязные», и с такой характеристикой они впадают в р. Волгу (таблица 2).

Анализ данных указывает на то, что в истоковой части динамика нефтепродуктов и тяжёлых металлов характеризуется поступлением свежих загрязнений, а в устьевой части она характеризуется уже как «стадия хронического загрязнения».

Таблица 2 – Характеристика загрязнений элементов водного объекта

Table 2 – Characteristics of pollution of water body elements

Пункт наблюдения (точка отбора проб)/Observation point (sampling point)	Характеристика загрязнений воды / Characteristics of water pollution		Характеристика загрязнений донных отложений / Characteristics of bottom sediment contamination	
	УКИЗВ, класс и разряд / specific combinatorial index of water pollution (UKIZV), class and category	Критические показатели загрязнения воды (КПЗ) / Critical indicators of water pollution	Значение коэффициента донной аккумуляции (КДА) / Value bottom accumulation coefficient(BAC)	Характеристика загрязнений / Characteristics of pollution
1,02 км южнее с. Студёно-Яблоновка/ 1.02 km south of the village of Studeno-Yablonovka	УКИЗВ= 2,67; Класс 3 – загрязнённая; Разряд «а» загрязнённая;/ UKIZV= 2.67; Class 3-polluted; Category "A" contaminated	Мутность, Цветность, ХПК / Turbidity, Chroma, COD	КДА/ BAC =100-9000; Цинк,вал /zinc, gross (КДА/ BAC =2139); Свинец,вал/Lead, gross(КДА/ BAC =2786); Медь,вал / Copper, gross(КДА / BAC =1643); Нефтепродукты/ petroleum products(КДА / BAC =5652); КДА/ BAC = 1000-90000; Марганец /Manganese (КДА/ BAC =14236);	Поступление в водный объект свежих загрязнений / Fresh pollution entering the water body Высокий уровень хронического загрязнения водного объекта /High level of chronic pollution of the water body
120 м выше по течению от автодороги «2-ая Продольная» / 120 mupstream-fromthehigh-way "2-aya Prod-ol'naya "	УКИЗВ=4; Класс-4- «грязная»; Разряд «а» - «грязная» / UKIZV=4; Class-4 - "dirty"; Category "a" - "dirty"	Цветность, Сухой остаток / Chroma, Dryresidue	КДА/ BAC =100-9000; Цинк,вал/zinc, gross (КДА/ BAC =6266); Медь,вал / Copper, gross(КДА/ BAC =2765); КДА/ BAC = 1000-90000; Марганец/Manganese(КДА/ BAC =1076); Свинец,вал/ Lead, gross(КДА/ BAC =17176); Нефтепродукты / petroleum products(КДА/ BAC =12794)	Поступление в водный объект свежих загрязнений / Fresh pollution entering the water body Высокий уровень хронического загрязнения водного объекта/ High level of chronic pollution of the water body

Характеристика загрязнений донных отложений истоковой части показывает значительное поступление таких загрязнений, как нефтепродукты и тяжелые металлы, в частности цинк, свинец и медь, а также хроническое загрязнение марганцем.

С целью принятия решений по дальнейшему использованию донных отложений была проведена оценка их качества в соответствии с ГОСТ Р54000-2010. Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия.

В районе 1,04 км южнее с. Студено – Яблоновка донные отложения по содержанию тяжелых металлов (марганец, цинк, свинец, медь, кадмий) относятся к 1-му классу пригодности. Сапропели первого класса пригодности применяются под все виды сельскохозяй-

ственных культур, в садоводстве, цветоводстве, лесном хозяйстве, при рекультивации почв, отвалов, благоустройстве и озеленении городских, в том числе и рекреационных территорий, в дозах, рекомендованных с учетом вида культуры, плодородия каждого отдельного поля, планируемого для внесения специфического удобрения. Наибольший эффект от сапропеля получают при внесении под картофель, овощи, корнеплоды.

Ближе к устьевой части реки (120 м выше по течению от автодороги «2-я Продольная») по содержанию тяжелых металлов (марганец, свинец, медь, кадмий), и в частности по содержанию цинка, донные отложения можно отнести ко второму классу. Содержание веществ, определенных в донных отложениях, сопоставляется с критериями качества почвы. Такими веществами являются свинец (I класс опасности) и марганец (III класса опасности). Они по содержанию имеют категорию – «допустимая», значение суммарного показателя загрязнения Z_c – отрицательное, так как превышения ПДК почвы по содержанию свинца и марганца нет. Допустимая категория загрязненности почв, которым соответствуют донные отложения по содержанию в них свинца и марганца, означает, что содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК, поэтому возможно их использование под любые культуры.

Учитывая перспективность изменения климата в сторону увеличения засушливых явлений, увеличения интенсивности осадков и увеличения объёмов ввода жилья на водосборной территории, в ближайшее время (5-7 лет) прогнозируем усиление антропогенной нагрузки на водный объект.

Результаты. Материалы маршрутных обследований, лабораторных исследований и сравнительного анализа фактических показателей с нормативными требованиями позволили определить основные факторы, отрицательно влияющие на экологическое состояние изучаемого водного объекта. Они следующие: формирование поверхностного стока талых и дождевых вод, инициирующих рост и развитие оврагов, а также привнесение в объект химических загрязнителей; сосредоточенный сток канализационных и ливневых вод; захламление долины реки свалками ТКО и строительным мусором; зарастание тростником и ухудшение гидрологического режима.

Технические и биологические мероприятия по экологической реабилитации поймы р. Царица должны быть направлены на:

- предупреждение развития водной эрозии почв склонов путём задержания осадков на месте их выпадения или регулированием поверхностного стока, используя бассейновый подход;
- ликвидацию канализационных водовыпусков и организацию сброса в городскую централизованную канализационную систему с очисткой на острове Голодный, которая в настоящее время находится в процессе строительства;
- реконструкцию гидротехнических сооружений (дамб и плотин) и восстановление открытого русла реки с проведением в местах, где это необходимо, пластики рельефа дна;
- проведение гидротехнических и мелиоративных работ, направленных на стабилизацию инженерно-геологических процессов и улучшение характеристик естественного откоса путём их залужения и/или высадки стокорегулирующих лесных полос;
- организацию сбора ТКО и строительного мусора с жилых массивов с проведением жёсткого контроля его исполнения на основании утверждённой нормативно-правовой базы для водосборной территории реки как «особо ценной территории»;
- ликвидацию объектов незаконного строительства и мест незаконной утилизации ТКО;
- сохранение и восстановление естественных уникальных мест.

Выводы. Возрастающий уровень антропогенного влияния урбанизации на гидрохимические показатели качества воды и донных отложений, отрицательно влияющих на экологическое состояние элементов ландшафта, качество воды в р. Волги и

здоровье населения, требует организации санитарно-экологического мониторинга для оценки как пространственно-временной изменчивости количества поступления загрязняющих веществ, так и концентрации химических веществ в стоке и водном объекте и принятия решения о необходимости проведения технической и биологической мелиорации р. Царица. Значимость долин малых рек в условиях всё возрастающей антропогенной нагрузки в городских границах значительно возрастает по сравнению с «дикой» природой. Часто городские жители используют ее как легкодоступную зону отдыха выходного дня, особенно в малолесных сухостепных регионах Волгограда, поэтому разработка мероприятия по экологической реабилитации малых степных экологически нагруженных рек имеет важное социальное значение.

Библиографический список

1. Антропогенная нагрузка на реку Сухая Мечётка в границах города Волгограда / С. Я. Семененко [и др.] // Известия НВ АУК. 2021. № 2 (62). С. 416-431.
2. Брылёв В. А., Соснина А. С. Геоэкологическое состояние рек Волгоградской агломерации // Академическая наука – проблемы и достижения, NorthCharleston. GreateSpace, 2016. С. 20-23.
3. Геоморфология Волгоградской области / В. А. Брылёв, И. С. Дедова, Н. П. Дьяченко, Е. В. Мелихова, Ю. А. Голикова: коллективная монография. М., 2017. 223 с.
4. Иванютин Н. М. Комплексная оценка пригодности воды реки Альма для целей ирригации // Экология и строительство. 2019. № 4. С. 22-32.
5. Кумани М. В., Голосов В. Н. Гидрохимические особенности катастрофического загрязнения реки Псёл под влиянием эрозионно-гидрологических процессов на водосборе // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 4. С. 461- 472.
6. О некоторых аспектах оценки негативного антропогенного воздействия на качество поверхностных водных объектов в системе обеспечения экологической безопасности / Р. Н. Бубенов, В. И. Борисенко, А. А. Даниленко, Л. А. Бубенова // Юг России экология, развитие. 2018. № 13 (4). С. 147-156.
7. Отокова Н. Г. Гидрохимический режим в речных аквальных комплексах (на примере малой реки Ильд бассейна Рыбинского водохранилища) // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 4. С. 424-427.
8. Семененко С. Я., Морозова Н. В. Рекультивация почвы методом ферментативной биостимуляции на объекте захоронения твёрдых бытовых отходов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 78-86.
9. Современное состояние и проблемы развития водохозяйственной сферы в регионах юга России / Т. А. Шехбузова, А. А. Вартумян, И. С. Штапова, Н. В. Медяник, Н. П. Жуковская // Юг России: экология, развитие. 2017. № 12 (1). С. 62-72.
10. Сорокина Е. И., Маковкина Л. Н. Экологические проблемы водных объектов Волгоградской области // Актуальные проблемы права: материалы Междунар. науч. конф. Москва: Буки-Веди, 2015. С. 173-176.
11. Теличенко В. И., Потапов А. Д., Блази К. Оценка техногенного воздействия на речные экосистемы и уровень экологической опасности загрязнённых донных отложений // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сб. материалов Междунар. науч. конф. М.: МГСУ, 2012. С. 506–512.
12. Чашечкин Ю. Д., Розенталь О. М. Структура речного потока и её влияние на распределение загрязняющего воду вещества // Водные ресурсы. Т. 46. № 6. С. 582-591.
13. Ясинский С. В., Венецианов Е. В., Вишневская И. А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе. Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 232-244.
14. Berger K. Validation of the hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model for simulating the water balance of cover systems. Berlin: Springer-Verlag, 2000. 1438 p.
15. Moustakas K. Sampling and Analysis Of Solid Municipal Waste In Balkan Region: The First Results And Their Significance. https://www.iswa.org/uploads/tx_iswaknowledgebase/Moustakas.pdf
16. Status and perspectives of waste management in the Arab countries / A. Nassour, M. Nelles, A Majanny, M Al-Ahmad // ISWA World Congress. Hamburg, 2010. С. 56-70

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9). E-mail: sergeysemenenko@list.ru Тел. 8(961) 068-52-07. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

Морозова Наталия Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Московская область, Одинцовский район, р.п. Новоивановское). E-mail: moroznatali@bk.ru Тел. 8(905)-331-20-30. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2907-775X>

Марченко Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26. E-mail: marchenkosergey@mail.ru Тел. 8(909) 377-95-99. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2627-6465>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-55

THE STUDY OF THE DYNAMIC CALCULATION ALGORITHM FOR REDUCING THE FACTORS INCREASING THE VIBRATIONAL MOVEMENTS OF VEHICLES LEADING TO DAMAGE OF THE TRANSPORTED FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS

I.A. Uspensky¹, M.B. Antonenko¹, N. V. Limarenko^{1,2},
H.A. Antonenko³, I. A. Yukhin¹, A. A. Golikov¹

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan

²Don State Technical University, Rostov-on-don

³Ryazan Institute the branch of the Moscow Polytechnic University, Ryazan

Received 11.05.2022

Submitted 03.08.2022

The work was performed under the grant, the research Fund of assistance to development of small forms of enterprises in scientific-technical sphere, contract number 3822GS1 / 63200-dated 12/19/2020

Summary

The prospects of using dynamic calculation are substantiated on the example of the simplest model of a movable load for any vehicles in order to minimize the mechanical effects of transported fruits and vegetables by reducing the factors that increase the oscillatory movements of the car. The dependence of the root-mean-square deviation of the vibration velocity of the sprung mass on the stiffness of the spring, the mass of the car and its speed is considered.

Abstract

Introduction. Due to the increased volume of transported agricultural products, the load on roads and transport facilities has increased. The dynamic impacts arising during transportation affect both roads, bridge structures, and vehicles with fruit and vegetable products in them, which, as a result, leads to damage to it, affecting further storage. Studies have shown that mechanically damaged potatoes begin to get sick after two to three weeks [1, 2, 3, 13, 14]. Thus, finding ways to reduce damage to fruit and vegetable products transported by freight transport is a timely urgent task, one of the significant aspects of which is the problem of improving the moving load model in the dynamic analysis of vibrations of road bridges, cross roads and highways. Based on the analysis, the goal of the study is formulated, which consists in minimizing the mechanical impacts on the transported fruit and vegetable products by reducing the factors that increase the oscillatory movements of cars by developing a new method of dynamic calculation. **Materials and methods:** An analysis of published materials on the problem, the results of preliminary studies of the impact of a moving load, during the transportation of agricultural products, on spans of bridge structures, revealed the factor of using the assumed uniform movement in the construction of bridges [4, 15]. This assumption is based on the fact that a slight change in the speed of the car during movement has practically

no effect on the nature of the oscillations of the structures. Unfortunately, reality shows that the vehicle significantly changes the speed of movement before entering the bridge structure, overpass, when moving over rough terrain. **Results and conclusions:** On the basis of the study, the prospects of using the dynamic calculation algorithm and the simplest moving load model for arbitrary vehicles are substantiated. It is determined that the main factors of the dynamic impact of a moving load are: the speed of movement; wheel strikes on the unevenness of the roadway on bridges; vibrations of the bolster part of the rolling stock. According to the analysis of the results of calculating the coefficients of the regression equation and their quantitative component, it was found that the mass of the car (factor x1) has a stronger effect on the vibration velocity of the sprung part of the vehicle, to a lesser extent - the speed of the car (factor x2), the nature of the influence of the parameters of the spring itself approximately the same (factors, x3, x4). The development of the obtained results will be the development of tools to reduce the factors that increase the oscillatory movements of vehicles, leading to excessive mobility of the transported fruits and vegetables, which, in the end, will affect its safety.

Key words: fruits and vegetables, oscillatory motions, dynamic model, vehicles, traffic, roads, experiment planning theory.

Citation. Uspensky I.A., Antonenko M.V., Limarenko N.V., Antonenko N.A., Yukhin I.A., Golikov A.A. The study of the dynamic calculation algorithm for reducing the factors increasing the vibrational movements of vehicles leading to damage of the transported fruit and vegetable products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 487-497 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-55.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of the experiment, got acquainted with the final version of the article and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.1-13

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ФАКТОРОВ, УСИЛИВАЮЩИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ПРИВОДЯЩИЕ К ПОРЧЕ ПЕРЕВОЗИМОЙ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

М. В. Антоненко¹, аспирант, магистр

Н. В. Лимаренко^{1,2}, кандидат технических наук, доцент

Н. А. Антоненко³, кандидат технических наук, доцент

И. А. Юхин¹, доктор технических наук, профессор

А. А. Голиков¹, кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева, г. Рязань

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

³ФГАОУ ВО Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань

Дата поступления в редакцию 11.05.2022

Дата принятия к печати 03.08.2022

**Работа выполнена по гранту Научно-исследовательского фонда
содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере,
договор №3822ГСИ/63200 от 19.12.2020**

Актуальность. В связи с увеличившимся объемом перевозимой сельскохозяйственной продукции возросла нагрузка на дороги и транспортные сооружения. Возникающие при перевозке динамические воздействия влияют как на дороги, мостовые сооружения, так и на транспортные средства и находящуюся в них плодоовощную продукцию, что в результате приводит к ее повреждению, влияющим на дальнейшее хранение. Исследования показали, что механически поврежденный картофель начинает заболевать уже через две-три недели [6-8, 12, 15]. Таким образом, нахождение способов снижения повреждения плодоовощной продукции, перевозимой грузовым транспортом, — своевременная актуальная задача, одним из значимых аспектов которой является

проблема совершенствования модели подвижной нагрузки при динамическом анализе колебаний автодорожных мостов, пересеченных дорог и магистралей. На основании анализа сформулирована цель исследования, заключающаяся в минимизации механических воздействий на перевозимую плодоовощную продукцию за счет уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, путем развития нового метода динамического расчета. **Материалы и методы.** Анализ опубликованных материалов по проблеме, результаты предварительных исследований воздействия подвижной нагрузки при перевозке сельскохозяйственной продукции на пролетные строения мостовых сооружений выявили фактор использования предполагаемого равномерного движения при строительстве мостов [10, 13]. Это предположение основано на том, что незначительное изменение скорости автомобиля при движении практически не оказывает влияния на характер колебаний конструкций. К сожалению, реальность показывает, что транспортное средство существенно меняет скорость движения перед въездом на мостовое сооружение, эстакаду при передвижении по пересеченной местности. **Результаты и выводы:** На основании проведенного исследования обоснована перспективность использования алгоритма динамического расчета и простейшей модели подвижной нагрузки для произвольных автотранспортных средств; определено, что основными факторами динамического воздействия подвижной нагрузки являются: скорость движения; удары колес о неровности проезжей части на мостах; колебания наддрессорной части подвижного состава. По проведенному анализу результатов расчета коэффициентов уравнения регрессии и их количественной составляющей выявлено, что масса автомобиля (фактор x_1) оказывает более сильное влияние на виброскорость поддрессоренной части транспортного средства, в меньшей степени – скорость движения автомобиля (фактор x_2), характер влияния параметров самой рессоры примерно одинаков (факторы, x_3 , x_4). Результатом будет являться разработка инструментов уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящих к излишней подвижности перевозимой плодоовощной продукции, что, в конечном результате, повлияет на ее сохранность.

Ключевые слова: *плодоовощная продукция, колебательные движения, транспортные средства, перевозка плодоовощной продукции.*

Цитирование. Успенский И. А., Антоненко М. В., Лимаренко Н. В., Антоненко Н. А., Юхин И. А., Голиков А. А. Исследование алгоритма динамического расчета для уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящие к порче перевозимой плодоовощной продукции. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 487-497. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-55.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе эксперимента, ознакомились с окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В связи с развитием агропромышленного комплекса возрос объем плодоовощной продукции, готовой к транспортировке, что, в свою очередь, увеличило нагрузку на дороги и транспортные сооружения. Для транспортировки продукции продолжают использовать многоосные транспортные средства большой грузоподъемности, но с повышенным динамическим воздействием, что потребовало его исследования с учетом равномерного и переходного скоростного режимов движения [2, 4, 10, 14]. Все это приводит к возникновению значительного динамического воздействия как на мостовое сооружение, так и надвигающийся автомобиль с находящимся в нем грузом плодоовощной продукции, что в конечном результате приводит к существенным механическим ее повреждениям, влияющим на качество дальнейшего хранения. Исследования показали, что механически поврежденный картофель начинает болеть уже через две-три недели [13, 16].

Цель исследования – минимизировать механические воздействия на перевозимую плодоовощную продукцию за счет уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, путем развития нового метода динамического расчета.

Материалы и методы. Объектом исследования являются грузовые автомобили, используемые для перевозки плодоовощной продукции сельскохозяйственных предприятий, пролетные строения мостовых сооружений.

Как известно, при исследовании влияния воздействия подвижной нагрузки на пролеты автодорожных мостов вводилось допущение о равномерном скоростном режиме автомобиля во время движения, не учитывающее незначительные его изменения, и, как следствие, влияние на характер колебаний. Однако в условиях плотного транспортного потока, неудовлетворительного состояния дорожного покрытия и эмоционального состояния водителя, автомобиль перед въездом и во время движения по мостовому сооружению может существенно менять скорость. Особенно важно динамическое воздействие большегрузных автомобилей при разгоне и торможении [10].

Результаты и обсуждение. Известен ряд факторов динамического воздействия подвижной нагрузки. В первую очередь, это скорость движения нагруженного автомобиля по определенной траектории, определяющая силы инерции. Во-вторых, удары колес транспортного средства о неровности и выбоины проезжей части, переломы профиля, приводящие, в свою очередь, к колебаниям наддрессорной части автомобиля, приводящие к изменению давления на ось. Наибольшего внимания заслуживает то, что при повышении скорости движения колебания подвижной нагрузки увеличиваются на пролете мостового сооружения более значительно, чем на подходе к нему, что способствует увеличению повреждения плодоовощной продукции.

Рассмотрим случайные колебания автомобиля, нагруженного плодоовощной продукцией, который движется по однопролетному мосту.

Для выполнения расчета рассмотрим грузовой автомобиль в виде одномассовой колебательной системы, в которой перемещение масс происходит в вертикальном направлении (рисунок 1).

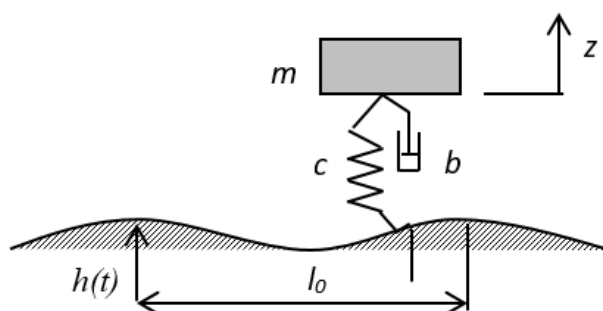


Рисунок 1 - Динамическая модель колебательной системы:

m – подрессоренная масса; c – подвеска автомобиля; b – коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов подвески автомобиля; z – обобщенная координата системы; $h(t)$ и l_0 – профиль дорожного покрытия моста

Figure 1 – Dynamic model of the oscillatory system:

m – sprung mass; c – car suspension; b – coefficient of inelastic resistance of car suspension shock absorbers; z – generalized coordinate of the system; $h(t)$ and l_0 – bridge pavement profile

Составим уравнение движения автомобиля, используя формулу Лагранжа второго рода, принимая, что $q = z$ - обобщенная координата:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial \Pi}{\partial q} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}} = 0, \quad (1)$$

Выполним расчет кинетической энергии колебаний по формуле:

$$T = \frac{1}{2} m \cdot \dot{z}^2. \quad (2)$$

Рассмотрим формулу для расчета потенциальной энергии деформации:

$$П = \frac{1}{2} c \cdot (z - h)^2. \quad (3)$$

Используем диссипативную функцию Релея:

$$\Phi = \frac{1}{2} b \cdot (\dot{z} - \dot{h})^2. \quad (4)$$

Принятые расчетные формулы кинетической энергии колебаний, потенциальной энергии и функция Релея подставим в уравнение (1) и получим выражение:

$$m \cdot \ddot{z} + b \cdot \dot{z} + c \cdot z = \dot{h} \cdot b + h \cdot c. \quad (5)$$

Выполнив необходимые вычисления, получим уравнение совместных колебаний системы автомобиля и мостового сооружения:

$$\begin{aligned} m \cdot \ddot{z} + b \cdot \dot{z} + c \cdot z &= \\ &= b \cdot h_0 \frac{2\pi \cdot v}{l_0} \sin\left(\frac{2\pi \cdot vt}{l_0}\right) + c \cdot h_0 \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot vt}{l_0}\right)\right) + \sin\left(\frac{\pi \cdot l_0}{l}\right), \end{aligned} \quad (6)$$

где v – скорость движения автомобиля, м/с;

Полученное уравнение (8) решаем с использованием программы «MathCad».

Исследование совместных колебаний системы «подвижная нагрузка – мостовое сооружение» проведем, используя методику планирования эксперимента [9, 10, 16], выбирая определенное количество опытов и условия их проведения. Независимые переменные, которые могут влиять на процесс исследования x_1, x_2, x_k , называются факторами. К факторам предъявляют требования независимости, совместимости, точности замера, управляемости, однозначности [1, 3, 16]. Используя в данном исследовании теорию планирования с имитацией поведения системы, мы имеем возможность рассмотреть возможные комбинации уровней принимаемых факторов, сократив число проводимых опытов.

Цель расчета заключается в определении параметра оптимизации, задаваемого одним числом и определяющего количественную характеристику эксперимента.

Используем функцию нескольких переменных для математического описания эксперимента [1]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (7)$$

Оценим характер влияния подрессоренной массы автомобиля, скорости его движения, коэффициента жесткости и коэффициента неупругого сопротивления рессоры автомобиля на виброскорость подрессоренной массы.

В качестве параметра оптимизации примем среднеквадратичное отклонение виброскорости подрессоренной массы. Обозначим следующие факторы для расчета: x_1 – подрессоренная масса автомобиля, x_2 – скорость движения автомобиля, x_3 – коэффициент жесткости рессоры, x_4 – коэффициент сопротивления рессоры.

Таким образом, математическая модель объекта примет вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4. \quad (8)$$

В расчете принимаем следующие количественные значения параметров: дорожное покрытие моста выполнено из асфальта; характеристики микропрофиля дорожного покрытия: $l_0 = 6,0$ м; $h_0 = 0,05$ м; длина пролета мостового сооружения – 30,0 м.

В таблицах 1-3 представлены уровни и интервалы варьирования факторов, матрица планирования, рабочая матрица планирования и результаты опытов.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Table 1 – Levels and intervals of factor variation

Факторы	Масса автомо- биля, m , кН	Скорость движения автомобиля, v , м/с	Жесткость рессоры, c , кН/м	Коэффициент сопротивления рессоры, b кНс/м
	x_1	x_2	x_3	x_4
Основной уровень	15	15	45	10
Интервал варьирования	10	5	25	5
Верхний уровень	25	20	70	15
Нижний уровень	5	10	20	5

Таблица 2 – Матрица планирования ДФЭ типа 2^{4-1}

Table 2 – Type 24-1 TEU Planning Matrix

№ опыта	x_1	x_2	x_3	x_4
1	-	-	-	+
2	+	-	-	+
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	+
8	+	+	+	+
9	0	0	0	0

Перед проведением регрессионного анализа необходимо провести анализ результатов проведенного эксперимента, чтобы подтвердить нормальный закон распределения ошибок отдельных опытов. Проведем оценку однородности с использованием критерия Кохрена (G-критерия). С этой целью вначале определяем дисперсии двух параллельных опытов при однократных измерениях по формуле [1]:

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m (y_{ju} - y_j)^2, \quad j = 1, 2, \dots, N; \quad m=2, \quad (9)$$

В результате проведенных вычислений получим сумму дисперсий $\sum_{j=1}^8 S_j^2 = 46$. Вычислим отношение максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий, называемое критерием Кохрена, по формуле (результаты вычислений занесем в таблицу 3):

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum S_j^2} = \frac{8}{46} = 0,174. \quad (10)$$

В дальнейших вычислениях определим значения степеней свободы $f_1 = m - 1 = 1$, $f_2 = N$; по приложению 4 [1] - уровень значимости, равный $q = 0,05$; по таблицам [1] найдем критическое отклонение $G_{кр} = 0,679$. Сравним полученные величины G и $G_{кр}$, оценим степень однородности дисперсии. Таким образом, полученная экспериментальная величина G -критерия меньше величины критического отклонения этого значения, т.е., можем предположить, что дисперсия однородна.

Таблица 3 – Рабочая матрица планирования и результаты опытов

Table 3 – Working planning matrix and test results

№ опыта	Порядок проведения	Матрица планирования				Отклики			Дисперсия опыта
		x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_{cp}	
1	8, 13	5	10	20	15	0,16	0,22	0,19	8
2	3, 12	25	10	20	15	0,28	0,32	0,3	8
3	11, 15	5	20	20	5	0,23	0,25	0,24	2
4	6, 14	25	20	20	5	0,40	0,44	0,42	2
5	2, 4	5	10	70	5	0,18	0,22	0,2	8
6	5, 7	25	10	70	5	0,30	0,36	0,33	8
7	1, 9	5	20	70	15	0,11	0,13	0,12	2
8	10, 16	25	20	70	15	0,20	0,24	0,22	8
9		0	0	0	0				

Произведем вычисление коэффициентов регрессии по формулам:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j, \quad b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{uj} x_{ij} y_j, \quad (11)$$

где y_j – среднее значение отклика по повторным опытам; x_{ij} – кодированное значение i -го фактора в j -м опыте; u, i – номера факторов, $u, i = 0, 1, \dots, k$, $j = u$; N – число опытов в матрице.

Выполнив определенные вычисления в программном комплексе, получим значения коэффициентов уравнения регрессии:

$$b_0 = 0,253, \quad b_1 = 0,065, \quad b_2 = -0,0025, \quad b_3 = -0,035, \quad b_4 = -0,045.$$

Проведем оценку вклада каждого из принятых факторов в параметр оптимизации, с учетом их перехода с одного уровня на другой. Таким образом, коэффициенты b_0, b_1 , имеющие знак «+», при увеличении значения фактора увеличивают параметр оптимизации, а коэффициенты b_3, b_4 , имеющие знак «-», уменьшают.

Используя критерий Стьюдента, исключим статистически незначимые коэффициенты и выполним проверку значимости полученных коэффициентов регрессии по формуле:

$$S_{воспр.}^2 = \frac{1}{N} \sum S_j^2 = \frac{1}{8} \cdot 46 = 5,75. \quad (12)$$

В дальнейших вычислениях находим дисперсию ошибки определения, значения степеней свободы, уровень значимости, доверительный интервал коэффициентов. Таким образом, все полученные в результате расчета коэффициенты признаются значимыми. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,253 + 0,065 x_1 - 0,0025 x_2 - 0,035 x_3 - 0,045 x_4.$$

Проведем проверку адекватности модели с целью оценки пригодности полученного уравнения регрессии для описания результатов эксперимента с требуемой точностью.

Проверку адекватности выполняют с использованием F-критерия Фишера, в следующей последовательности:

- определяем дисперсию адекватности по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{j=1}^N (y_j - y_j^p)^2 = \frac{2}{8-6} \cdot 0,116 = 0,116.$$

- находим дисперсионное отношение F-критерия Фишера:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_{воспр.}^2} = \frac{0,116}{5,75} = 0,020.$$

Далее определяем числа степеней свободы, выбираем уровень значимости и критическое значение по таблицам [1]. Так как $F < F_k$ ($0,020 < 4,5$), то полученное уравнение регрессии адекватно исследуемому процессу.

Для вычисления дисперсии адекватности составим таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет дисперсии адекватности

Table 4 – Calculation of adequacy variance

№ опыта	Y_{cp}	y_p	$(y_{cp} - y_p)^2$
1	0,19	0,1975	0,000056
2	0,3	0,3775	0,0600
3	0,24	0,2425	0,00000625
4	0,42	0,4225	0,00000625
5	0,2	0,275	0,05625
6	0,33	0,3325	0,00000625
7	0,12	0,1225	0,00000625
8	0,22	0,2275	0,000056

На графике, представленном на рисунке 2, рассмотрена зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы от жёсткости рессоры и массы автомобиля.

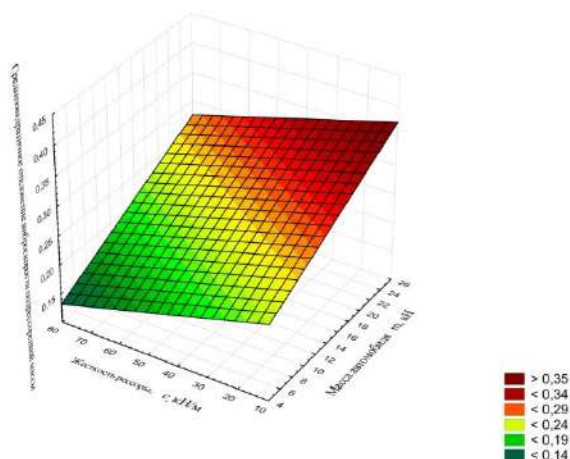


Рисунок 2 – Зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы от жёсткости рессоры и массы автомобиля

Figure 2 – Dependence of the standard deviation of the vibration velocity of the sprung mass on the stiffness of the spring and the mass of the vehicle

Очевидно, что при увеличении массы автомобиля происходит увеличение среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы.

На графике, представленном на рисунке 3, рассмотрена зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы от коэффициента её сопротивления, а также массы автомобиля.

Определено, что зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы более ярко проявляется при изменении массы автомобиля.

На графике, представленном на рисунке 4, рассмотрена зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы от скорости движения автомобиля и его массы.

Выявлено, что зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подпрессорной массы практически не зависит от его скорости, но увеличивается с ростом массы автомобиля.

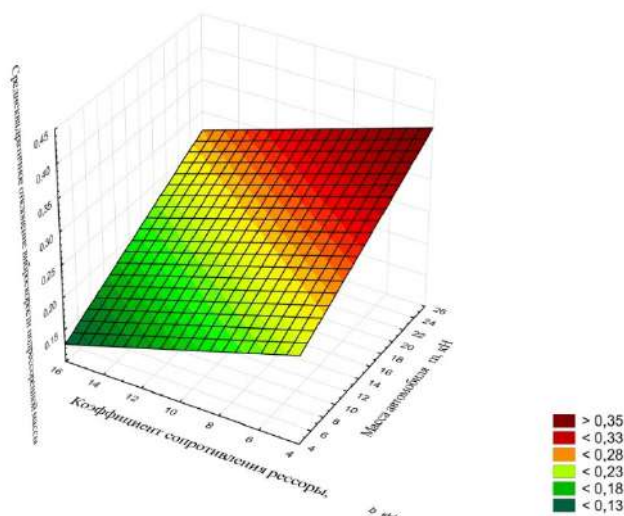


Рисунок 3 – Зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подвесочной массы от коэффициента её сопротивления и массы автомобиля

Figure 3 – Dependence of the root-mean-square deviation of the vibration velocity of the sprung mass on the coefficient of its resistance and the mass of the car

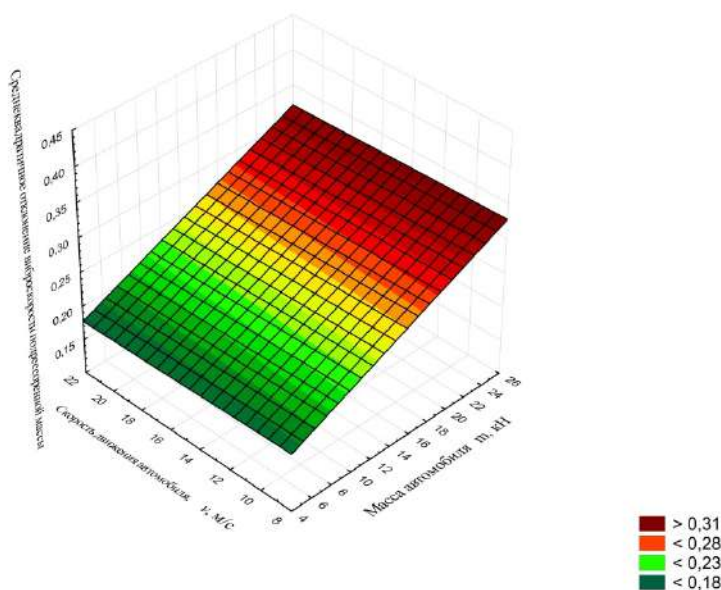


Рисунок 4 – Зависимость среднеквадратического отклонения виброскорости подвесочной массы от скорости движения автомобиля и его массы

Figure 4 – Dependence of the root-mean-square deviation of the vibration velocity of the sprung mass on the speed of the vehicle and its mass

Выводы:

1. Обоснована перспективность использования алгоритма динамического расчета для любых произвольных транспортных средств.
2. Основными факторами динамического воздействия являются скоростной эффект; удары колес о неровности проезжей части; колебания надрессорной части автомобиля.
3. Анализируя количественную характеристику коэффициентов уравнения регрессии, определили, что наибольшее влияние на виброскорость подвесочной части автомобиля оказывает его масса (фактор x_1), в меньшей степени – скорость движения автомобиля (фактор x_2). Характер влияния параметров самой рессоры примерно оди-

наков (факторы, x_3 , x_4). Развитием полученных результатов будет являться разработка инструментов уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящие к излишней подвижности перевозимой плодоовощной продукции, что в конечном результате повлияет на ее сохранность.

Библиографический список

1. Александровская Л. Н., Кириллин А. В., Кербер О. Б. Выбор ряда критериев проверки отклонения распределения вероятностей от нормального закона в практике инженерного статистического анализа // Труды ФГУП "НПЦАП". Системы и приборы управления. 2017. № 1. С. 42-52. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29852462>.
2. Измайлов А. Ю., Шогенов Ю. Х. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 2-5. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19398810>.
3. Использование нечёткого моделирования при оценке интенсивности технологий утилизации органических отходов / С. Н. Бoryчев, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул, И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. В. Хохлова // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 1 (61). 298-315.
4. Исследование распределения плотности вероятностей патогенных маркеров свиного бесподстилочного навоза / Н. В. Бышов, Н. В. Лимаренко, И. А. Успенский, С. Д. Фомин [и др.] // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 4 (56). С. 215-227. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42705998>.
5. Моделирование эпидемиологических свойств бесподстилочного навоза при подготовке физико-химическим обеззараживанием / А. А. Цымбал, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 3. С. 89-98. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44275717>.
6. Обзор разработок в области сохранения качества яблок при перевозке контейнерным способом / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. А. Юхин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 133. С. 1280-1299.
7. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутрихозяйственных перевозках / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 04 (088). С. 519-529. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26632141>.
8. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, - 2016. - №09(123). - С. 142- 68. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-dalneyshey-modernizatsii-transportnyh-sredstv-dlya-apk>.
9. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А. А. Усольцев, А. А. Панова, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2021. Т. 13. № 3. С. 105-119.
10. Юшков Б. С., Сергеев А. С., Габдулхаев Р. И. Влияние нагрузок от транспортных средств на автомобильных дорогах // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2015. Т. 3. № 8-3 (19-3). С. 104-108.
11. Carl J. R., Roger El. Nutrient Management for Commercial Fruit and Vegetable Crops in Minnesota // Department of Soil, Water, and Climate University of Minnesota. 2005 40 p.
12. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin, I. A. Yukhin, A. A. Golikov // ACM International Conference Proceeding Series. 2018. P. 176-179. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43976207>.
13. Nazarova F. X., Xuramova X. M. Meva-sabzavot mahsulotlarini yetishtirish va qayta ishlashni rivojlantirish istiqbollari // Iqtisodiyot: Tahlillar va Prognozlar. 2020. № 3-4 (6-7). P 98-104. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45841477>.

14. Rahimov R. V., Khadjimukhametova M. A., Rakhmatov Z. X. Development of improved technical means for transportation fruits and vegetables // EUROPEAN SCIENCE REVIEW. 2016. № 1. P 175-177. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25957068/>

15. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, A. A. Simdyankin, I. A. Uspensky, A. V. Shemyakin, I. A. Yukhin, I. K. Danilov, A. I. Ryadnov, R. A. Kosul'nikov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13 (10). P. 3502-3508. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35524843>.

16. Transportation system analysis of empty fruit bunches biomass supply chain based on delivery cost and greenhouse gas emissions / S. M. Zahraee, N. Shiwakoti, P. Stasinopoulos, S. R. Golroudbary, A. Kraslawski // Procedia Manufacturing "30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2021". 2020. P. 1717-1722. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44989934>.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор, Researcher ID: B-7990-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; ivan.uspenskiy@yandex.ru

Антоненко Максим Владимирович, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), магистр, m.antonenko.pgs@yandex.

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), кандидат технических наук, Researcher ID: O-5342-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>, limarenkodstu@yandex.ru

Антоненко Надежда Александровна, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство» ФГАОУ ВО «Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, д.29/53), кандидат технических наук, доцент, nadegdaantonenko@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автотракторная техника и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, доцент, Researcher ID: Q-8188-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, yuival@rambler.ru

Голиков Алексей Анатольевич, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), кандидат технических наук, доцент, duke001@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-56

LIGHTING PARAMETERS OF IRRADIATION OF SEEDLINGS OF WOODY PLANTS USING LED EMITTERS UNDER THE CONDITIONS OF SMALL-SIZED IRRADIATION INSTALLATIONS

I. V. Yudaev¹, D. S. Ivushkin², S. V. Volobuev², M. P. Aksenov², V. A. Petrukhin²

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 29.03.2022

Submitted 25.05.2022

Abstract

Introduction. The use of planting material with a root-balled tree system is one of the promising directions for creating artificial plantations. It is associated with radical changes in the cultivation of planting material and significant changes in the forest crops production technology. **Object.** The main species of woody plants, grown in nurseries of the Volgograd region and used in the creation of protective plantations in the Southern Federal District, Crimean pine (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*), eastern thuja (*Thuja* L.), black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) were chosen as the subject of the research. **Materials and methods.** In the laboratory of the Volgograd state agrarian university, the prototype of the irradiation installation for growing woody plants was assembled using quasi-monochromatic phy-

to-irradiators with LEDs by the manufacturer «CREE». The research of the studied woody plants biometrics dependence on the RGB ratio of the radiation fractions was the first stage of staged experiments to optimize the radiation spectrum for these crops grown in greenhouses. Measurements of the phytoirradiators emission spectrum were carried out by using a spectrometer «ТКА-Spektr» with the software Spectroradiometer (photosynthetically active radiation) version 2.3.4. **Results and conclusions.** The carried out experiments results indicate the prototypes and quality indicators development clearly pronounced dependence on the irradiation regimes. It is noted that for the maximum height of seedling development, the priority effect of red radiation is obvious, and the predominant share of blue radiation clearly sharply reduces the plant height. The highest values were achieved with the ratio options R-100%; R – 80%, B - 20% и R – 60%, B – 40%. The presence of green radiation in the photosynthetically active radiation zone is not optional, but acceptable. Based on these circumstances, the choice of triadic (R-G-B), binary (R-B) or quasi-monochromatic (R) radiation can be made in favor of the latter for a number of tree crops. The conducted photobiological studies make it possible to determine the requirements for favorable spectral characteristics of optical radiation sources based on LEDs that provide maximum quality indicators of the development of seedlings of woody plants, which may indicate the creation of optical technology as a not unimportant element in agricultural technology, with the use of automated control during their cultivation.

Keywords: *small-sized irradiation installations, crimean pine, eastern thuja, black locust, radiation spectrum.*

Citation. Yudaev I. V., Ivushkin D. S., Volobuev S.V., Aksenov M.P., Petrukhin V. A. Lighting parameters of irradiation of seedlings of woody plants using LED emitters under the conditions of small-sized irradiation installations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 497-506 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-56.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 628.977:631.234

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБЛУЧЕНИЯ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

И. В. Юдаев¹, доктор технических наук, профессор

Д. С. Ивушкин², ассистент

С. В. Волобуев², кандидат технических наук, доцент

М. П. Аксенов², кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Петрухин², кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 29.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Применение посадочного материала в лесном хозяйстве, выращенного по технологии закрытой корневой системы, в настоящее время является приоритетным направлением для создания искусственных лесонасаждений, поэтому в настоящее время прорабатываются вопросы, связанные с агротехникой и технологиями выращивания древесных пород основных лесных культур в закрытом грунте. **Объект.** В качестве объекта исследования выбраны основные виды древесных растений, выращиваемых в питомниках Волгоградской области, применяемых при создании защитных насаждениях Южного федерального округа Российской Федерации – сосна крымская (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*), туя восточная (*Thuja* L.), робиния

лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.). **Материалы и методы.** В лаборатории Волгоградского ГАУ был собран прототип облучательной установки для выращивания древесных растений с использованием квазимонохроматических фитооблучателей со светодиодами фирмы CREE. Исследование зависимости биометрии исследуемых древесных растений от соотношения RGB долей излучения явилось первой стадией постановочных опытов по оптимизации спектра излучения для указанных культур, выращиваемых в условиях закрытого грунта. Измерение спектра излучения фитооблучателей проводилось с помощью спектрометра «ТКА-Спектр» с программным обеспечением «Спектрорадиометр (ФАР)» версия 2.3.4. **Результаты и обсуждение.** Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о четко выраженной зависимости развития опытных образцов и качественных показателей от режимов облучения. Отмечено, что оптимальные значения биометрических показателей достигаются при полном красном (R) излучении (100 %), а также на вариантах соотношений R:B – 80 : 20 и 60 : 40. Присутствие в комбинации зеленого (G) излучения в области ФАР не показало существенного эффекта в развитии. **Выводы.** Опираясь на указанные обстоятельства по выбору триадного (R-G-B), бинарного (R-B) или квазимонохроматического (R) излучения, выбор можем производить в пользу последнего для ряда древесных культур. Проведённые фотобиологические исследования позволяют определить требования к благоприятным спектральным характеристикам источников оптического излучения на базе светодиодов, обеспечивающих максимальные качественные показатели развития сеянцев древесных растений, что может говорить о создании оптической технологии, как не маловажного элемента в составе агротехнологии, с применением автоматизированного управления при их выращивании.

Ключевые слова: *малогабаритные облучательные установки, сосна крымская, туя восточная, робиния лжеакация, облучение сеянцев.*

Цитирование. Юдаев И. В., Ивушкин Д. С., Волобуев С. В., Аксенов М. П., Петрухин В. А. Светотехнические параметры облучения сеянцев древесных растений с использованием светодиодных излучателей в условиях малогабаритных облучательных установок. *Известия НВ АУК.* 2022. 3 (67). 497-506. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-56.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Применение посадочного материала в лесном хозяйстве, выращенного по технологии закрытой корневой системы, в настоящее время является приоритетным направлением для создания искусственных лесонасаждений на территории Российской Федерации, поэтому в настоящее время прорабатываются вопросы, связанные с агротехникой и технологиями выращивания древесных пород основных лесных культур в закрытом грунте [8].

Одна из немаловажных задач развития лесного фонда на обширной территории страны – проведение мероприятий по реконструкции насаждений с применением качественного посадочного материала, которую можно реализовать с применением семенного материала, имеющего высокие посевные качества. На сегодняшнее время не все станции по селекции древесных пород имеют возможность в организации необходимых условий для должного хранения семян основных лесобразующих пород, что значительно осложняет процесс качественного лесовосстановления. Как известно, при хранении более одного года с момента сбора семени древесных растений довольно быстро теряют всхожесть, до 20 % и более, поэтому лесные питомники по выращиванию посадочного материала вынуждены применять семена низкого качества (2-го и даже 3-го класса) и повышать норму высева [4]. Поэтому вопрос по воспроизводству лесных насаждений ак-

туален в настоящее время и подтвержден «Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». В данном документе обозначены основные направления, которые формируют потребность в семенном материале с высокими значениями их посевных качеств и полевой всхожести. Согласно Государственной программе РФ «Развитие лесного хозяйства на 2013-2020 годы», применяемые в настоящее время в селекционных станциях по выращиванию древесных растений на территории РФ агротехнологии отстают от мирового уровня и нуждаются в модернизации при помощи инновационных методов и современных научно-технических разработок.

Материалы и методы. Для изучения отклика древесных растений на режимы досвечивания были заложены опыты, согласно которым проводилась оценка аддитивности воздействия искусственного оптического излучения в диапазонах RGB области ФАР на качественные показатели развития сеянцев [2, 10].

В качестве оценки проведенных экспериментов принималась величина, соответствующая суммарному показателю величины частей, равных целому объёму. Тем самым в исследованиях предполагалось, что любое множественное значение функции f описывалось бы выражением при условии аддитивности [2]:

$$f(x_1) + f(x_2) = f(x_1 + x_2). \quad (1)$$

Согласно выражению (1), в случае невыполнения равенства отношения правой части к левой и увеличения значения $f > 1$ к функции будет являться супераддитивной, а в случае $f < 1$ функция будет считаться субаддитивной.

В работах McCree K.J. по изучению отклика растений на реакцию процесса фотосинтеза для растений опровергается аддитивность воздействия многоспектрального оптического излучения [5].

Тогда выражение аддитивности, преобразовав равенство (1), по исследованиям McCree K.J. можем представить как:

$$A = N(E_0) / \sum_{i=1}^n N_i, \quad (2)$$

где $E_0 = \sum_{i=1}^n E_{\Delta\lambda_i}$, $N(E_0)$ – качественные показатели развития растения при воздействии n спектрального диапазона излучения при значении общей облучённости E_0 , N_i – качественные показатели i -го источника излучения с длиной волны в диапазоне $\Delta\lambda_i$ и фотонной облученностью $E_{\Delta\lambda_i}$.

В фитобиологических исследованиях по изучению отклика древесных растений на режимы досвечивания значение $n = 2$, а фотонная облученность являлась постоянной. В специализированной литературе [4, 6] авторы отмечают, что при изучении взаимного влияния необходимо учитывать уровни возрастающих участков, соответствующих световых величин, которые являются линейными. Согласно данным соображениям, в исследованиях принимались значения $E_{\Delta\lambda_1}$ и $E_{\Delta\lambda_2}$, равные 35 и 45 мкмоль/(с·м²), поэтому для E_0 , по выражению (2) устанавливались значения 70 и 90 мкмоль/(с·м²) в зависимости от фазы роста и развития растения.

На данном этапе исследований мы решили получить оценочные данные, предполагая затем их уточнить, и в итоге получить светотехническую технологию по выращиванию сеянцев древесных культур.

В текущих фитобиологических опытах рассматривался отклик древесных растений на воздействие квазимонохроматического излучения в трёх спектральных диапазонах области фотосинтетически активной радиации (ФАР): синем, зелёном и красном, для полного анализа зависимости биометрических показателей (развитие высоты и корневой системы растения).

В результате проведенных опытов по определению оптимального набора спектральных характеристик предполагалось получение серии «световых комбинаций» для дальнейшей оценки влияния диапазонов областей ФАР с выявлением требований к спектральному составу фитооблучателей (ФО) при выращивании саженцев древесных и кустарниковых растений.

Для проведения исследований был собран прототип облучательной установки для выращивания древесных растений (рисунок 1) – фитотрон – с использованием квазимонохроматических фитооблучателей со светодиодами фирмы CREE, характеристики которых представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Внешний вид облучательной установки с использованием квазимонохромных фитооблучателей

Figure 1 – The appearance of the irradiation unit using quasi-monochromatic phyto-emitters

Таблица 1 – Основные параметры цветных (RGB) светодиодов, использованных в квазимонохроматическом фитооблучателе

Table 1 – The main parameters of color (RGB) LEDs used in a quasi-monochromatic phyto-emitter

№	Тип светодиода (фирма-производитель)	Пиковая длина волны, нм	Спектральный диапазон излучения, нм,
1	Cree XPE 3535-Deep Red light Emmiting Diode, HotRed Official Store	660	650-666
2	Cree XP-G3 3535 XPG3 – Royal Blue Emmiting Diode, HotRed Official Store	445	435-458
3	Cree XPE 3535 – Green Emmiting Diode, HotRed Official Store	520	500-540
4	Cree XPE 3535-UV Emmiting Diode, HotRed Official Store	395	390-395

Схема управления облучательной установкой построена на базе микроконтроллера Microchip pic 16f1937, к которому подключены основные элементы автоматики, выполняющие следующие функции: для сбора информации о параметрах среды – датчики влажности и температуры почвы SHT10 и воздуха DHT11; для вывода информации – графический ЖК-дисплей с LED подсветкой WG128x64 с регулируемой при помощи делителя напряжения контрастностью; для настройки блока – инкрементальный энкодер с тактовой кнопкой EC11; для управления процессом досвечивания и вентиляцией посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) – полевые транзисторы с

изолированным затвором IRL3705. Вся схема питается от сети переменного тока промышленной частоты 220 В, через импульсный блок питания (БП) с интегральным стабилизатором напряжения IC7805, источник тактового сигнала, встроенный с частотой 32 МГц. Для удобства управления режимами в блоки управления камерами встроен графический ЖК-дисплей для вывода информации и ввода основных параметров опыта (рисунок 2), отвечающих за функционирование работы микроклимата (время работы таймеров, температуры и влажности почвы и воздуха и др.) и режим досвечивания [10].



Рисунок 2 - Внешний вид графического ЖК-дисплея для вывода информации

Figure 2 - The appearance of a graphical LCD display for information output

Первая фаза экспериментов подразумевала исследование отклика древесных растений на влияние соотношений излучения в синем (В) и красном (R) диапазонах (бинарная оптимизация), а во второй фазе эксперимента рассматривалась триадная оптимизация с добавлением зеленого диапазона (G) в разных пропорциях.

Результаты и обсуждение. При выполнении фотобиологических исследований уровень плотности фотосинтетического потока фотонов (ПФПФ) в облучательных ячейках фитотрона составляли 70 и 90 мкмоль/(с·м²). С целью выявления оптимальных показателей спектрального состава для дальнейшего анализа световых комбинаций с фиксированным значением облученности для опытных бинарных и триадных оптимизаций исследование проводилось в четырехкратной повторности. Измерение спектра излучения фитооблучателей проводилось с помощью спектрометра «ТКА-Спектр» с программным обеспечением «Спектрорадиометр (ФАР)» версия 2.3.4 [10].

Общие условия эксперимента по микроклимату в облучательной камере соответствовали требованиям технологии выращивания древесных культур с закрытой корневой системой в условиях закрытого грунта.

В качестве объекта исследования были выбраны основные виды древесных растений, выращиваемых в питомниках Волгоградской области и применяемых при создании защитных насаждений Южного федерального округа – сосна крымская (*Pinus nigra subsp. Pallasiana*), туя восточная (*Thuja L.*), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia L.*). Работа по определению влияния искусственного излучения на древесные растения начаты в 2019 году. Исследования в светодиодной облучательной установке производились при постоянном 15-часовом фотопериоде. Значение температуры воздуха в каждой ячейке фитотрона поддерживалось в автоматическом режиме на уровне +22...+25 °С с относительной влажностью – 40...55 % и температурой почвы – +22...+24 °С при влажности на уровне

50...60 %. Древесные растения выращивались в кассетных модулях Plantek 64f, которые применяются в питомниках древесных растений для наиболее естественного и правильного развития корневой системы. В качестве субстрата использовался подготовленный грунт с соотношением питательных веществ (мг/л): N (180-360); P₂O₅ (180-360); K₂O (270-530); pH КС1 (4,9-5,6). Полив проводился в автоматическом режиме для поддержания требуемой влажности, повторность – четырёхкратная. Учёт биометрических параметров растений производился через 50 дней от всходов [1, 6, 8, 9].

Реализованные спектральные характеристики путем оптимизации комбинаций R-G-V и R-V досвечивания в условиях светодиодной облучательной установки и результаты измерения биометрических показателей развития сеянцев древесных культур, полученные при различных режимах досвечивания, приведены в таблице 2 и на рисунках 3, 4.

Таблица 2 - Влияние режимов облучения на биометрические показатели

Table 2 – Influence of irradiation modes on biometric indicators

№	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип спектра	R 100% G 0% B 0%	R 80% G 0% B 20%	R 60% G 0% B 40%	R 60% G 20% B 20%	R 60% G 30% B 10%	R 50% G 0% B 50%	R 45% G 10% B 45%	R 40% G 40% B 20%	R 33.3% G 33.3% B 33.3%	R 33.3% G 0% B 66.7%
Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)										
Длина главного корня, см	35,1 ±3,3	31,17 ±2,4	19 ±2,9	26 ±4,3	19 ±3,9	21,26 ±3,3	24 ±4,1	23 ±3,7	19 ±4,2	20,1±2,3
Высота растения, см	26 ±2,8	21,5 ±2,6	18 ±2,5	17 ±1,3	12 ±2,7	17,5 ±2,2	9 ±1,2	8 ±1,2	12 ±2,5	7,5±1,2
Сосна крымская (<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>Pallasiana</i>)										
Длина главного корня, см	32,2 ±3,5	29,28 ±3,3	23 ±4,5	23 ±2,2	18 ±1,4	21,7 ±2	21 ±2,1	21 ±1,6	18 ±1,4	12,2±2
Высота растения, см	7,52 ±1,4	6,85 ±1,3	6,4 ±1,2	6,4 ±0,7	5,5 ±1,2	5,9 ±0,6	5,9 ±0,9	4,9 ±0,7	5,4 ±1,2	3,8±0,8
Туя восточная (<i>Thuja</i> L.)										
Длина главного корня, см	34,3 ±2,2	31,28 ±3,3	29 ±1,3	28 ±1,1	21 ±1,4	23,4 ±2,3	28,3 ±1,7	21 ±1,1	21 ±1,3	15,4±3,1
Высота растения, см	8,56 ±1,2	7,46 ±0,9	6,8 ±0,9	6,9 ±0,4	5,8 ±0,9	6,8 ±1,2	6,7 ±0,8	5,1 ±0,5	5,8 ±1,1	4,3±0,6

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о четко выраженной зависимости развития опытных образцов и качественных показателей от режимов облучения. Следует отметить, что в ходе исследований ряда древесных растений зависимости качественных показателей бинарных и триадных оптимизаций R-V и R-G-V комбинаций существенно различны.

Приведённые диаграммы визуализируют качественную оценку комбинаций воздействия R-G-V и R-V долей области ФАР и позволяют выразить следующее:

- максимально качественные показатели развития древесного растения очевидно можно достичь с приоритетным влиянием красного (R) излучения. Для хвойных пород эффект проявляется в большей степени. На диаграммах 3, 4 видно, что оптимальные значения биометрических показателей достигаются при полном красном (R) излучении (100 %), а также на вариантах соотношений R : B – 80 : 20 % и 60 : 40 %;

- резкое снижение показателей развития корневой системы и высоты растения однозначно наблюдается при преобладании доли синего (B) излучения. Снижение биометрических показателей достигало 45 % и ниже;

- присутствие в комбинации зеленого (G) излучения в области ФАР не показало существенного эффекта в развитии.

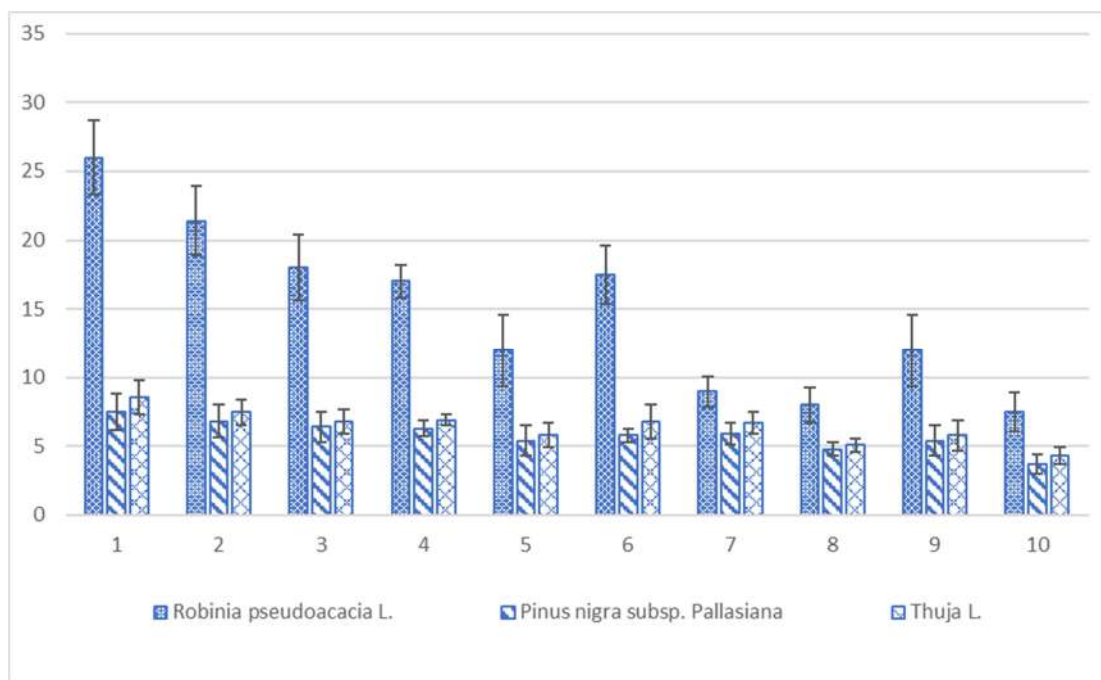


Рисунок 3 – Диаграмма развития высоты растения при бинарных и триадных оптимизациях R-B и R-G-B комбинаций

Figure 3 – Diagram of plant height development with binary and triad optimizations of R-B and R-G-B combinations

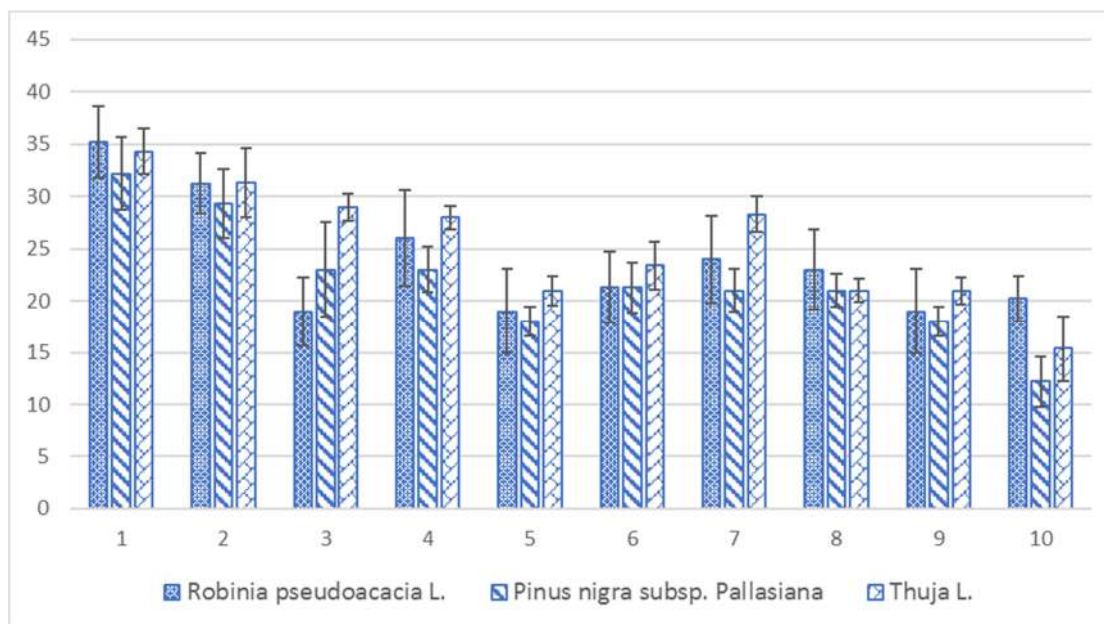


Рисунок 4 – Диаграмма развития главного корня при бинарных и триадных оптимизациях R-B и R-G-B комбинаций

Figure 4 – Diagram of the development of the main root in binary and triad optimizations of R-B and R-G-B combinations

Анализ отклика лиственных растений (*Robinia pseudoacacia* L.) указывает на сложный характер влияния R-G-B и R-B излучения на данный вид растений. Максимальные значения по биометрическим показателям зафиксированы с приоритетным

влиянием красного (R) излучения (100 %), а также на вариантах соотношений R : B – 80 : 20, как у хвойных растений, но в то же время диаметр корневой шейки у опытных образцов был менее развит и составлял $1 \pm 0,4$ мм, что говорит о некачественном развитии сеянца. Высота растения развивалась у данных культур быстрее, и корневая шейка не справлялась с биомассой, вследствие чего *Robinia pseudoacacia* L. начинала «стелиться» по камере фитотрона.

Результаты проведенных исследований и литературный обзор по данной проблематике позволяют утверждать, что оценочные суждения о совместном воздействии спектральных характеристик R-G-B и R-B долей области ФАР и влиянии их на биометрические показатели, характерные для древесных растений как сложных приемников оптического излучения, осложняются субаддитивным или же, напротив, супераддитивным откликом в связи с наличием множества фотопигментов [6, 8]. Тогда применяемое выражение «оптимальный спектральный состав источника излучения для выращивания растений» довольно обобщенно и расплывчато. Можно отметить, что для большого числа видов древесных растений условие по спектральному составу, благоприятно влияющему на биометрические показатели, может резко различаться.

В фитобиологических исследованиях у древесных растений имеет место схожесть или близость по биометрическим показателям для совершенно разных спектральных составов, что говорит о сложности взаимодействия фоторегуляторного и энергетического процесса на клеточном уровне.

Выводы. Выполненные исследования опираются на прямые эксперименты по определению качественных показателей древесных растений, выращенных в искусственных условиях, предоставляют определенную «свободу выбора» проектировщикам облучательных установок на запуск в производство не только энергоэффективных образцов, но и экономически целесообразных. Полученные значения показывают необходимость уменьшения вредного излучения синей (B) области ФАР, которая негативно воздействует на зрение обслуживающего персонала тепличных хозяйств [3].

Опираясь на указанные обстоятельства по выбору триадного (R-G-B), бинарного (R-B) или квазимонохроматического (R) излучения, предпочтение для ряда древесных культур стоит отдать в пользу последнего. Проведённые фитобиологические исследования позволяют определить требования к благоприятным спектральным характеристикам источников оптического излучения на базе светодиодов, обеспечивающих максимальные качественные показатели развития сеянцев древесных растений, что может говорить о создании оптической технологии, как не маловажного элемента в составе агротехнологии, с применением автоматизированного управления при их выращивании.

Библиографический список

1. Изучение развития листового салата в облучательной камере / И. В. Юдаев [и др.] // Сельский механизатор. 2018. № 7-8. С. 24-25.
2. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур / Л. Б. Прикупец [и др.] // Светотехника. 2018. № 5. С. 6-12.
3. Оптимизация светотехнических параметров облучения при светокультуре салатно-зеленных растений с использованием светодиодных излучателей / Л. Б. Прикупец [и др.] // Светотехника. 2019. № 4. С. 6-13.
4. Пентелькина Н. В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. Брянск: БГИТА, 2012. Вып. 31. С. 189-193.
5. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes / H. H. Kim [et al.] // HortSci. 2004. Vol. 39. P. 1617–1622.

6. Koziel S., Ciaurri D. E., Leifsson L. Surrogate-Based Methods // Computational Optimization, Methods and Algorithms. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. P. 33-59.
7. McCree K. J. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants // Agric. Meteorology. 1972. P. 192-216.
8. Pre-sowing treatment of robinia pseudoacacia l. seeds with electric field of high voltage / I. Yudaev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. P. 012078.
9. Taking the human out of the loop: A review of Bayesian optimization / B. Shahriari [et al.] // Proc IEEE. 2015. Vol. 104. I. 1. P. 148-175.
10. Woody plants seedlings irradiation lighting parameters by using LED transmitters in small-sized irradiation installations / D. S. Ivushkin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture III-2020. 2020. V. 786.

Информация об авторах

Юдаев Игорь Викторович, профессор кафедры «Применение электрической энергии» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ 350044, г. Краснодар, улица Калинина, дом 13), доктор технических наук, профессор.

Ивушкин Денис Сергеевич, ассистент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

ORCID: 0000-0002-9784-3260. E-mail: ivushkinds@yandex.ru

Волобуев Сергей Васильевич, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук.

Петрухин Владимир Александрович, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук.

Аксенов Михаил Петрович, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-57

POLLUTION OF THE INFORMATION ENVIRONMENT OF THE SPHERE OF LAND RECLAMATION

I. F. Yurchenko

*All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 02.06.2022

Submitted 14.07.2022

Summary

The publication presents the results of the analysis of the pollution of the information environment in the field of land reclamation. The basic reasons for its formation are established and characteristic information pollution is classified, the possibility and main directions of their reduction are considered. Areas of land reclamation activities that are most vulnerable to pollution of the information environment have been identified. Priority measures are given to solve the problem of reducing the impact of information pollution in the field of land reclamation.

Abstract

Introduction. Increasing informatization of society and digitalization of production actualize the problem of the risk of pollution of information resources of the environment of life of a modern person. The purpose of the work is to identify the priority problems of pollution of the information environment in the field of land reclamation and reduce the risk of its formation in the light of the global digitalization of production.

Object. The object of research was the processes of informatization and digitalization of the sphere of rec-

lamation activities, the subject is the risk of pollution of the information environment of the reclamation sector of the economy. **Materials and methods.** The theoretical and scientific-methodological basis of the research was information-analytical, comparative and system analysis, as well as statistical and expert assessments. The following materials were used as the material: innovative developments of research and production organizations, works of foreign and domestic scientists in the field of informatization and digitalization of land reclamation, information technologies, techniques and technical means, pollution of the living environment of the society and the results of the author's research on the subject under consideration. **Results and conclusions.** The analysis of the existing pollution of the information environment, the sphere of land reclamation activities has been carried out, the basic reasons for its formation, related to technical and technological progress, as well as the development and active promotion of the Internet, have been established. Characteristic information pollutions are established, the possibility and main directions of their reduction are considered. The factors of active pollution of the information sphere of land reclamation include: unreliable and/or redundant pseudo-scientific and/or practical information posted in the public domain; low-quality accompanying documentation for the operation of land reclamation equipment and machines, equipment for technological solutions; aggressive promotional products distributed on the World Wide Web, social networks; dominance of spam. Areas of land reclamation activities that are most vulnerable to the impact of pollution of the information environment are identified. Priority measures are presented to solve the problem of reducing the impact of information pollution in the field of land reclamation. Solving the problem of information pollution in the field of land reclamation requires urgent consolidated efforts of scientists, production workers, representatives of the legislature and the general public.

Key words: *pollution, risk, information environment, melioration, informatization, digitalization, information and communication technologies.*

Citation. Yurchenko I. F. Pollution of the information environment of the sphere of land reclamation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 506-513 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-57.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of the results of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.6

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ СФЕРЫ МЕЛИОРАЦИИ

И. Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, г. Москва*

Дата поступления в редакцию 02.06.2022

Дата принятия к печати 14.07.2022

Актуальность. Возрастающие информатизация общества и цифровизация производства актуализируют проблему риска загрязнения информационных ресурсов среды жизнедеятельности современного человека. Цель работы – выявление приоритетных проблем загрязнения информационной среды сферы мелиорации и снижение риска его формирования в свете глобальной цифровизации производства. **Объект.** Объектом исследований являлись процессы информатизации и цифровизации сферы мелиоративной деятельности, предметом – риск загрязнения информационной среды мелиоративного сектора экономики. **Материалы и методы.** Теоретическую и научно-методическую основу исследований составляли информационно-аналитический, сравнительный и системный анализ, статистические и экспертные оценки. В качестве материала использовались инновационные разработки научно-исследовательских и производственных организаций, труды зарубежных и отечественных учёных в области информатизации и цифровизации мелиорации, информационных технологий, приёмов и технических средств, загрязнения среды жизнедеятельности

социума и результаты исследований автора по рассматриваемой тематике. **Результаты и выводы.** Выполнен анализ существующего загрязнения информационной среды сферы мелиоративной деятельности, установлены базовые причины его формирования, связанные с техническим и технологическим прогрессом, а также развитием и активным продвижением сети Интернет. Установлены характерные информационные загрязнения, рассмотрены возможность и основные направления их снижения. К факторам активного загрязнения информационной сферы мелиорации относятся: недостоверная и/или избыточная информация псевдонаучного и/или практического плана, размещаемая в открытом доступе; недоброкачественная сопроводительная документация по эксплуатации мелиоративной техники и машин, оборудования технологических решений и пр.; агрессивная рекламная продукция, распространяемая во «всемирной паутине», социальных сетях и др.; засилье спама. Выявлены области мелиоративной деятельности, максимально уязвимые воздействию загрязнения информационной среды. Представлены первоочередные мероприятия по решению проблемы снижения влияния информационных загрязнений в сфере мелиоративной деятельности. Решение проблемы информационного загрязнения сферы мелиорации требует безотлагательных консолидированных усилий учёных, производителей, представителей законодательной власти и широкой общественности.

Ключевые слова: *загрязнение, риск, информационная среда, мелиорация, информатизация, цифровизация, информационно коммуникационные технологии.*

Цитирование. Юрченко И. Ф. Загрязнение информационной среды сферы мелиорации. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 506-513. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-57.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современное общество часто относится к «информационному», так как оно базируется на производстве, распространении и потреблении знаний и информации. А это требует создания средств передачи и анализа «сколь угодно большого объёма информации и информационных систем», которые постоянно совершенствуются и становятся все более доступными широкому кругу пользователей. (Гончаров В. Н. и др. Информационное общество: проблемы становления и закономерности развития. – Новосибирск: Изд. ЦРНС, 2014).

Информационно-коммуникационные технологии – сравнительно новый инструмент мелиоративной деятельности [4, 7]. Их стремительное развитие, начавшееся в последней четверти прошлого столетия и подкреплённое ориентацией современного периода экономики на цифровизацию технологических процессов производства, вызвало лавинообразный прирост информации [5, 6, 9]. Вместе с ним появились и новые проблемы, связанные с качеством предоставляемой информации (полезность, избыточность, достоверность, релевантность, апробация, адекватность условиям применения и др.), безопасностью использования для естественной среды обитания человека, поиском полезной информации и т. п. вопросами [10].

Возникла совершенно неприемлемая, требующая эффективного решения ситуация, когда практически любая полезная (имеющая смысл) информация по существу теряется среди «информационного мусора». При удвоении объёма информации каждые 7–10 лет заказчикам и исполнителям информационных технологий (ИТ) все труднее фильтровать потоки информации и находить нужные сведения, прежде всего о последствиях принимаемых решений в процессах их разработки и применения, – даже с использованием ресурсов глобальной информационной сети. В результате статью, опубликованную в научном специализированном журнале, читают в среднем 1,3 человека, а порядка 20 % научно-исследовательских работ повторяют друг друга (Горшков В. В. и др. Информация в живой и неживой природе // Экология. №3, 2002).

Помимо трудностей с получением полезной информации, серьёзной проблемой становится неконтролируемая возможность популяризировать (публиковать, предоставлять на всеобщее обозрение и т. п.) разнообразные сведения, многие из которых не проверены, избыточны, а порой, откровенно недостоверны.

Каждое общество, включая информационное, несовершенно, а информационные технологии нейтральны. Последствия их применения обусловлены ценностными установками (предпочтениями) лиц, принимающих решения, и политической конъюнктурой руководства. Реализация возможностей информационного общества напрямую связана с адекватной политикой и своевременностью принятия управленческих решений, а также ликвидацией правового нигилизма [3], (Capurro Rafael. Towards an Information Ecology // Irene Wormell (Ed.): Information and Quality. - London: Taylor Graham, 1990).

Вопросы социальной ответственности учёного существуют со времён зарождения научного познания. Уже тогда вера в человеческий разум сопровождалась сомнением в рациональном использовании мощи знания. К настоящему времени информационная поддержка решения этих противоречий недопустимо низка, что не способствует эффективности общественного развития.

Распространение бесполезных, нежелательных, необоснованных и недостоверных сведений, квалифицируемых как загрязнение информационной среды, отрицательно влияет на жизнедеятельность человека в целом, но оно максимально вредит профессиональной деятельности, связанной с постоянным принятием решений, эффективность которых обусловлена качеством получаемой информации (Анисимов О. С., Глазачев С. Н. Экологическая парадигма: истоки, становление, развитие // «Вестник Международной академии наук. Русская секция», 2013. №1). К разряду «информационного загрязнения» относится также и избыточный объём информации, которым социум овладеть не может (Козлова А. С. Информационное загрязнение и его влияние на современное общество // Научные вести. 2020. № 12(29)).

В общем случае под информационным загрязнением среды понимается качественное и количественное изменение информационных потоков между элементами системы, нарушающими ее устойчивость [1]. Источником информационного загрязнения являются природные и антропогенные процессы. Учитывая важность роли информационных отношений в природе, все загрязнители среды должны рассматриваться не только с точки зрения их токсичности, но и возможности нарушения сигнальных отношений в экосистемах. Материальные носители информации разнообразны: электромагнитные, акустические, потоки элементарных частиц, химические соединения, поведение животных и насекомых и т.п. Объём сообщения и его биологическая или социальная ценность не зависят от материального носителя.

Возрастающая информатизация общества и цифровизация производства актуализируют решение проблемы снижения риска загрязнения информационных ресурсов среды жизнедеятельности современного общества и последующих поколений. Поиск, формирование и реализация мероприятий, обеспечивающих решение указанной проблемы, требуют консолидации сил, кропотливой и слаженной работы научной общественности, а также специалистов-практиков в различных сферах жизнедеятельности общества: технической, гуманитарной, законодательно-правовой, сфере образования и т. д.

Цель выполненных НИР, результаты которых представлены в публикации, - выявление приоритетных проблем загрязнения информационной среды сферы мелиорации и снижение риска его формирования в свете глобальной цифровизации производства.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись процессы информатизации и цифровизации сферы мелиоративной деятельности, предметом – риск загрязнения информационной среды мелиоративного сектора экономики. Теоретиче-

скую и научно-методическую основу исследований составляли информационно-аналитический, сравнительный и системный анализ, а также статистические и экспертные оценки.

В качестве материала использовались:

- инновационные разработки научно-исследовательских и производственных организаций, труды зарубежных и отечественных учёных в области информатизации и цифровизации мелиорации, информационных технологий, приёмов и технических средств, загрязнения среды жизнедеятельности социума и результаты исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» по рассматриваемой тематике.

Результаты и выводы. Проблема информационного загрязнения стала предметом внимания исследователей уже в семидесятых годах прошлого столетия в связи с трудностями восстановления нужной информации из потоков «мусора» (Попов Л. Л., Мигачев Ю. И. Информационное общество: проблемы развития, культуры, экологии и права // LEX RUSSICA=РУССКИЙ ЗАКОН. – М.: Изд-во: ООО «НБ-Медиа», 2009). Тема приобретает особую актуальность в результате публикаций ряда статей по вопросу влияния информационного загрязнения на пользователей Web-сайтов в 2003 г. (Якоб Нильсен, Хоа Лоранжер. Web-дизайн: удобство использования Web-сайтов = Prioritizing Web Usability. — М.: «Вильямс», 2007).

В настоящий период в качестве базовых причин активного загрязнения информационной среды жизнедеятельности общества выделяются:

- технический и технологический прогресс производства;
- становление и активное продвижение сети Интернет.

Оба процесса, безусловно, играют важнейшую роль в развитии социума, повышая эффективность и эргономику производства, а также комфорт быта. Однако загрязнение их информационной среды в части достоверности оценки экологической безопасности повсеместного, безудержного и неконтролируемого внедрения оказало серьёзное влияние на устойчивость биосферных экосистем (почвы, водных объектов, агроландшафтов и пр.), став своеобразным катализатором формирования ее глобального информационного кризиса (Яблоков А. В. и др. Очерки биосферологии 1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы//Philosophy & Cosmology 2015 (Vol. 14)).

Все известные информационные загрязнения имеют комплексный характер и являются взаимосвязанными. Однако в упрощённом формате можно выделить следующие факторы загрязнения, наиболее характерные для мелиоративного сектора:

1. Недостоверная (избыточная) информация в справочных материалах, рекомендациях, методических указаниях, характеристиках параметров и возможностей технико-технологических разработок, находящихся в открытом доступе и претендующих на источник объективных сведений, в том числе и научно-практического характера. Яркий пример псевдоисточника – Википедия, на ресурсе которого любой человек в лице эксперта может разместить недостаточно обоснованные сведения без последующей их проверки. Подобный подход создаёт риски принятия ошибочных управленческих решений, подвергающих опасности не только качество выполняемых мелиоративных мероприятий, но и безопасность биоты.

2. Недоброкачественная сопроводительная документация технических решений, например инструкций по эксплуатации, что обусловлено отсутствием единых стандартов по их разработке. Часто в инструкциях можно встретить в большом количестве очевидные предупреждения, наподобие «во включённом состоянии в воду не бросать». Такая бесполезная, избыточная информация в инструкциях, руководствах пользователей и в др. подобной документации приводит к потере читателем основного смысла и деталей излагаемого материала, отрицательно влияет на результат эксплуатации.

3. Агрессивная рекламная продукция, распространяемая во «всемирной паутине» и через другие средства массовой информации, выступающая в качестве основного «бича» достоверности информации. Как правило, материалы рекламы могут не выходить за рамки достоверности в общем понимании данного термина, но часто балансируют на её грани. И даже квалифицированному специалисту в сфере мелиорации зачастую бывает непросто определить объективность рекламных сведений. Особенно это касается вопросов информатизации мелиоративного водохозяйственного комплекса в целом.

4. Засилье одного из подтипов рекламы – спама – в виде нежелательной корреспонденции, навязываемой через социальные сети и электронную почту. В области мелиорации речь чаще всего идёт о той или иной продукции или услуге. Большой поток спама увеличивает риск пропустить важные и необходимые для эффективной работы сообщения.

Наиболее опасной с практической точки зрения является недостоверная информация, использование которой чревато серьёзными последствиями для отдельных экологических зон в частности, и глобальных экосистем биосферы в целом [2]. Специалист, получая подобную информацию из «условно» достоверных источников, использует её на практике, что приводит к снижению результатов либо даже катастрофическим последствиям.

Избыточность информации обычно менее опасна в свете чрезвычайных последствий. Но перенасыщенность данных затрудняет исполнителю определить важные направления, выделить и сконцентрироваться на действительно актуальной информации. В конечном счёте такая ситуация приводит к снижению производительности, замедлению темпов внедрения инновационных технологий.

В комплексе избыточность и недостаток сведений не способствуют эффективности использования информационных ресурсов сферы мелиорации, так как специалисты фактически перестают обращать внимание на новые сообщения и появляющиеся источники информации, а также пропадает доверие даже к авторитетным ранее платформам справочной информации.

Негативное воздействие загрязнений информационной среды наиболее ощутимо в следующих областях мелиоративной деятельности:

- принятие управленческих решений. Технологические ошибки и недоработки информационно-коммуникационных комплексов, засоряя информационное пространство, затрудняют технологам выбор оптимального технологического решения поставленных задач;
- ремонтные работы и техническое обслуживание техники и технологических комплексов, ошибочные решения, в процессе которых ускоряется выход из строя объектов воздействия;
- эргономика труда, связанная с профессиональным выгоранием сотрудников, снижением или отсутствием мотивации к саморазвитию и внедрению инновационных решений. Руководство, теряя чёткие ориентиры в повышении эффективности предприятия за счёт внедрения новых направлений и методов работы, отдаёт предпочтение менее производительным, но давно проверенным и апробированным управленческим решениям.

Решение проблемы информационного загрязнения среды обитания человека, неуклонно возрастающего с каждым днём ждёт своего решения, что потребует немалых усилий специалистов и доброй воли общества к переходу на регулируемое развитие биосферы [8], (Бейтсон Г. Разум и природа: неизбежное единство. – М.: КомКнига, 2007). Но уже сейчас необходимо принимать меры по снижению информационного загрязнения техносферы.

К приоритетным решениям, направленным на снижение влияния информационных загрязнений в сфере мелиоративной деятельности, следует отнести следующие мероприятия:

- экспертная оценка существующих источников информации, формирование перечня рекомендованных. Понятно, что охватить в полной мере все ресурсы сети Интернет, особенно те, которые расположены вне зоны «ги», достаточно сложно, практически невозможно. Однако в зоне влияния отечественных профильных ведомств оценить состояние представляемых данных в области мелиорации можно и даже нужно;

- создание специальной службы контроля за размещаемой информацией, прежде всего на действующих, разрабатываемых и планируемых к разработке платформенных цифровых решений в системе растениеводства. Это обязательно должны быть некие «ведомства правды (компетенций)». Для начала достаточно обеспечить группе специалистов из числа разработчиков IT возможность получения оперативной консультации от официально действующего профильного специалиста по интересующим вопросам. Безусловно, существует такое направление, как информационная экология, которая занимается вопросами влияния информации на человека, общество, окружающую среду. Однако информационная экология рассматривает общие вопросы, не акцентируя внимания на отдельных отраслях производства. Для мелиоративного сектора экономики желательно создать службу контроля загрязнения информационных ресурсов с учётом специфики его деятельности;

- разработка стандартизированных рекомендаций по составлению инструкций эксплуатации технических средств, технологического оборудования и устройств и т. п. объектов, исключающих появление в документации избыточной информации, влияющей на качество её восприятия. Можно говорить об «утопичности» данного предложения, поскольку коммерческие структуры в большей степени заинтересованы в исключении возможных судебных издержек в отношениях с потребителями их продукции, нежели в эффективности и, тем более, долговечности ее использования. Тем не менее с помощью законодательных и регламентирующих рычагов существенно снизить информационную загрязнённость сопроводительной документации вполне возможно;

- повышение информационной грамотности сотрудников, занятых в мелиоративном секторе в частности, и всего общества в целом. В этом случае личностные качества и знания позволят игнорировать загрязняющие фрагменты в профильной информационной среде.

Отдельно необходимо затронуть тему профессиональной подготовки кадров. Ещё на стадии теоретического и практического обучения будущие специалисты различных направлений в сфере мелиоративной деятельности должны получать и уметь применять их навыки фильтрации используемой информации, отсеивая все компоненты загрязнений и оставляя только актуальные и объективные данные.

В заключение необходимо отметить, что бороться в полной мере с загрязнением информации в мелиоративном секторе экономики, как, впрочем, и в других отраслях производства достаточно сложно и справиться с данной проблемой в полном объёме вряд ли получится.

Тем не менее, если к этой проблеме постоянно привлекать внимание науки, производства, представителей законодательной власти и широкой общественности, то постепенно, за счёт совершенствования законов и формирования негативного отношения общества к загрязнениям информации вполне можно рассчитывать на постепенное снижение доли последней в информационном пространстве.

Библиографический список

1. Глазачев С. Н., Глазачев О. С., Гришаева Ю. М. Мир природы и информационное общество // Modern Research of Social Problems. 2015. № 9 (53). С. 3-11.
2. Горбаткова А. Ф., Котлярова В. В. Проблема информационного шума в жизни человека XXI века // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. № 7. С. 20-24.

3. Дружилов С. А. Загрязненность информационной среды и проблема здоровья личности // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 4. С. 89-92.
4. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Роль мелиорации земель в решении проблемы продовольственной безопасности России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 2. С. 13-15.
5. Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло / В. И. Ольгаренко, И. Ф. Юрченко, И. В. Ольгаренко [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 49-65.
6. Юрченко И. Ф., Носов А. К. Оптимизационная модель формирования вариантов развития мелиораций в составе схемы комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 2. С. 53-66.
7. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 195-209.
8. Яблоков А. В., Левченко В. Ф., Керженцев А. С. Преодолимы ли трудности перехода антропосферы в ноосферу // Биосфера. 2016. Т. 8. № 3. С. 247-257.
9. Bandurin M. A., Yurchenko I. F., Bandurina I. P. Computer Technology to Assess the Capacity Reserve of the Irrigation Facilities of the Agro-Industrial Complex // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. P. 8933970.
10. Ben-Shahar O. Data Pollution // Journal of Legal Analysis. 2019. Vol. 11. P. 104-159.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-81, e-mail: Irina.507@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-58

LINING OF CHANNELS OF RECLAMATION SYSTEMS MADE OF CONCRETE ON LOCAL AGGREGATES WITH THE CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODEL

E. V. Vasilyeva¹, V. M. Fedorov², N. N. Chibinev¹

¹*South-Russian State Polytechnic University named after M. I. Platov, Novocherkassk*

²*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – the branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University», Novocherkassk*

Received 04.05.2022

Submitted 26.08.2022

Abstract

Introduction. Channels of reclamation systems, built and put into operation in the 50-70 years of the last century, are in poor condition today. First of all, this concerns the distribution network channels. Only in the South of Russia, the length of such channels reaches 70 thousand km and, basically, they are made in earthen channels, having low efficiency, hydraulic efficiency and operational reliability. As a result, numerous violations of the ecological plan along the entire length of the network in the form of rising ground water levels, salinization and waterlogging of adjacent territories. To solve the problem, it is necessary to perform channels in lined channels (clothes). The aim of the research was to use concrete mixtures on inexpensive local aggregates with a high content of polluting particles and optimization of the components of the mixture for forming slabs and concreting channels. **Materials and methods.** As concrete aggregates, crushed stone fractions of 5-20 mm and seeding (stone crushing waste) fractions of 0-5 mm of the Potapovsky deposit with a content of 6.4-6.9 % and 18.2-18.8 % of pulverized and clay particles, respectively, are proposed. Concrete cubes with an edge of 100 mm were made from the prepared mixtures on a vibrating

compaction table, which were then placed in a laboratory steaming chamber for accelerated strength gain. As for the frost resistance of concrete, the normalized characteristics were determined by the results of tests of concrete samples-cubes of 28-day age. To solve prescription problems, methods of planning an experiment with the construction of a geometric image of the response function using linear algebra methods were used. **Results and conclusions.** When forming slabs and concreting channel linings, it is recommended to seal concrete mixtures on aggregates with a high content of pulverized and clay particles by forced pressing or (and) rolling, and to reduce the initial water content by adding a formate-alcohol plasticizer to the mixture. With a cement consumption from 360 to 440 kg/m³, the dosage of the plasticizer in the form of an aqueous solution in an amount of 3.0 % of the cement weight should be considered optimal. The addition of formate-alcohol plasticizer to the mixture increased the strength of concrete after heat and moisture treatment by 60-80 %. Accelerated tests of concrete samples for frost resistance in sodium chloride solution confirmed the conformity of concrete on substandard aggregates for slabs and channel linings to the mark 300. The results of the research revealed the possibility of expanding the raw material base for forming slabs and lining channels of reclamation systems through the use of inexpensive local substandard aggregates in concrete.

Keywords: channels, reclamation systems, clothing and cladding, concrete, concrete aggregates, crushed stone and seeding, pulverized and clay particles, plasticizer, vibrating, pressing, experiment planning, concrete properties.

Citation. Vasilyeva E.V., Fedorov V.M., Chibinev N.N. Lining of channels of reclamation systems made of concrete on local aggregates with the construction of mathematical model. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 513-525 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-58.

Author's contribution. These authors of this study were directly involved in the formulation of the problem, the planning of the study, the analysis, the presentation of conclusions and the preparation of proposals to production. The authors of this article have read and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.672

ОДЕЖДА КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ИЗ БЕТОНА НА МЕСТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ С ПОСТРОЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Е. В. Васильева¹, кандидат технических наук
В. М. Федоров², доктор технических наук
Н. Н. Чибинёв¹, кандидат технических наук

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова, Новочеркасск, Россия

²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова -
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Россия

Дата поступления в редакцию 04.05.2022

Дата принятия к печати 26.08.2022

Актуальность. Каналы мелиоративных систем, построенные и введенные в эксплуатацию в 50-70 годы прошлого столетия, находятся сегодня в неудовлетворительном состоянии. В первую очередь, это касается каналов распределительной сети. Только на Юге России протяженность таких каналов достигает 70 тыс. км и, в основном, выполнены они в земляных руслах, имеют низкие показатели КПД, гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности. В результате многочисленных нарушений экологического плана на всем протяжении сети в виде подъема уровня грунтовых вод, засоления и заболачивания прилегающих территорий. Для решения проблемы необходимо выполнение каналов в облицованных руслах (одеждах). Целью исследований являлось использование для формирования плит и бетонирования каналов бетонных смесей на недорогих местных заполнителях с повышенным содержанием загрязняющих частиц и оптимизацией компонентов смеси. **Материалы и методы.** В качестве заполнителей бетона предложены щебень фрак-

ции 5-20 мм и высева (отход камнедробления) фракции 0-5 мм Потаповского месторождения с содержанием, соответственно, 6,4-6,9 % и 18,2-18,8 % пылевидных и глинистых частиц. Из приготовленных смесей на виброуплотняющем столе изготавливались бетонные кубики с ребром 100 мм, помещаемые затем в лабораторную пропарочную камеру для ускоренного набора прочности. Что касается морозостойкости бетона, то нормируемые характеристики определялись по результатам испытаний бетонных образцов-кубов 28-суточного возраста. Для решения рецептурных задач применялись методы планирования эксперимента с построением геометрического образа функции отклика способами линейной алгебры. **Результаты и выводы.** При формировании плит и бетонировании облицовок каналов уплотнение бетонных смесей на заполнителях с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц рекомендовано производить принудительным прессованием или (и) укатыванием, а снижение начального водосодержания обеспечивать добавлением в смесь пластификатора формиатно-спиртового. При расходе цемента от 360 до 440 кг/м³ дозировку пластификатора в виде водного раствора в количестве 3,0 % от массы цемента следует считать оптимальной. Добавление пластификатора формиатно-спиртового в состав смеси повысило прочность бетона после тепловлажностной обработки на 60-80 %. Ускоренными испытаниями бетонных образцов на морозостойкость в растворе хлорида натрия подтверждено соответствие бетона на некондиционных заполнителях для плит и облицовок каналов марке 300. Результаты проведенных исследований выявили возможность расширения сырьевой базы для формирования плит и устройства облицовок каналов мелиоративных систем за счет использования в бетоне недорогих местных некондиционных заполнителей.

Ключевые слова: мелиоративные системы, облицовка каналов, заполнители бетона, пластификаторы, свойства бетона.

Цитирование. Васильева Е. В., Федоров В. М., Чибинев Н. Н. Одежда каналов мелиоративных систем из бетона на местных заполнителях с построением математической модели. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 513-525. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-58.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Каналы мелиоративных систем, построенные и введенные в эксплуатацию в 50-70 годы прошлого столетия, находятся сегодня в неудовлетворительном состоянии. В первую очередь, это касается каналов распределительной сети, протяженность которых измеряется тысячами километров. Только на Юге России протяженность таких каналов достигает 70 тыс. км и, в основном, выполнены они в земляных руслах, имеют низкие показатели КПД, гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности. В результате многочисленных нарушений экологического плана на всем протяжении сети в виде подъема уровня грунтовых вод, засоления и заболачивания прилегающих территорий. Для решения проблемы необходимо выполнение каналов в облицованных руслах (одеждах) [1-5, 8]. Наиболее эффективными и надежными одеждами каналов признаны бетонные облицовки. В сравнении с другими они имеют больший срок службы, большую надежность и эффективность. Учитывая масштаб проблемы, необходимы большие объемы бетона и бетонных работ, поэтому облицовки каналов следует выполнять не только качественно и надежно, но и сравнительно экономично, а значит с использованием ресурсосберегающих технологий [5-9].

Производство бетонных работ требует добычи, переработки и транспортировки большого количества минерального сырья. В условиях рыночной экономики затраты на эти работы должны быть минимизированы, так как основной задачей строительства и водохозяйственного строительства, в частности, является возведение объектов с наименьшими затратами. Как уже отмечалось, эта задача может быть решена с приме-

нением ресурсосберегающих технологий, позволяющих, наряду с другими, решать и вопросы использования в качестве сырья дешевых местных строительных материалов. Практически повсеместно имеются крупные месторождения некондиционных, с точки зрения применения в строительстве, нерудных полезных ископаемых, которые сегодня рассматриваются, в том числе, и как дополнительные источники сырья с целью получения заполнителей для бетона, который, по всей видимости, будет основным строительным материалом и в 21 веке [6, 7, 9].

Материалы и методы. На территории Южного федерального округа и, главным образом Ростовской области, к числу наиболее востребованных относятся нерудные материалы Потаповского, Быстрореченского и Жирновского месторождений. Щебень и высевка (отход дробления) из каменных пород этих месторождений, пользуются наибольшим спросом в качестве заполнителей для бетона. И если массовый спрос на щебень и высевку последних двух месторождений в обозримом будущем очевиден, то перспективы щебня и высевки Потаповского месторождения вызывают сомнения. И связано это, главным образом, с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц в щебне и высевке этого месторождения, неблагоприятно влияющих на прочностные и эксплуатационные качества бетона [7, 9, 10-12].

В щебне Потаповского месторождения фракции 5-20 мм содержится 6,4-6,9 % пылевидных и глинистых частиц, а высевка (отход камнедробления песчаника) содержит их в количестве 18,2-18,8 %. Бетонные смеси на подобного рода заполнителях имеют малую подвижность и повышенную водопотребность. Способствует этому и неправильная форма зерен высевки, рваная и шероховатая их поверхность, что хотя и обеспечивает качественное сцепление с цементным камнем, но затрудняет перемешивание, удобоукладываемость (формуемость) и уплотнение бетонной смеси, поэтому в отличие от песков, обладающих относительно гладкой поверхностью и дающих подвижные смеси, высевки с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц, не обеспечивают требуемой удобоукладываемой бетонной смеси и должного ее уплотнения при вибрировании. В связи с чем, для качественного уплотнения таких смесей предлагается использовать не вибрирование, а принудительное прессование или (и) укатывание. Независимо от качества заполнителей, прессование или укатывание обеспечат принудительное вертикальное и горизонтальное перемещение частиц бетонной смеси, их взаимное сближение, устойчивую ориентацию и плотную упаковку в объеме уплотняемого слоя. Результатом такого воздействия на бетонную смесь будут бетоны высокой плотности и прочности при заметно меньшем расходе цемента [7, 9, 10].

Результаты и обсуждение. На рисунках 1 и 2 приведены схемы уплотнения бетонных смесей на заполнителях с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц при бетонировании плит и каналов.

Приготовление бетонной смеси следует осуществлять в бетоносмесителях принудительного действия. Продолжительность перемешивания не менее 60 с. Для доставки и укладки смеси могут использоваться автосамосвалы, бетоноукладчики, краны.

Укладку и распределение бетонной смеси необходимо производить послойно. При формировании плит для облицовки канала подачу смеси в металлическую форму следует производить автосамосвалами, а разравнивание – мобильным отвалом или бульдозером. При бетонировании каналов бетонную смесь по дну и откосам рекомендуется распределять укладочным бункером бетоноукладчика, размеры которого соответствуют размерам поперечного сечения канала, либо распределительными шнеками или скребковыми цепями. Уплотнение смеси следует производить вальцами или катками статического (или вибрационного) действия. После укладки и укатки бетонной смеси поверхность бетона должна находиться в увлажненном состоянии.

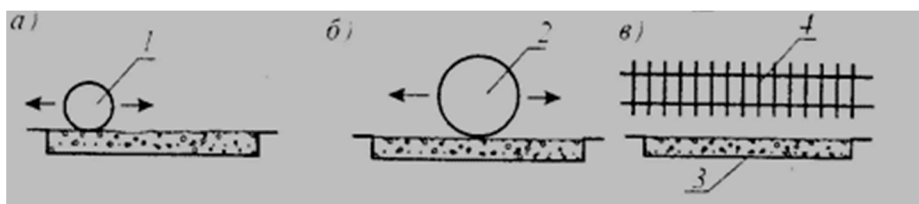


Рисунок 1 – Уплотнение бетонной смеси при формировании плит:
а) прессование смеси; б) укатывание смеси; в) подготовка к армированию;
1 – прессующий валец; 2 – укатывающий валец; 3 – уплотненный слой смеси;
4 – межслойная арматура

Figure 1 – Compaction of the concrete mixture when forming slabs:
a) pressing of the mixture; b) rolling of the mixture; c) preparation for reinforcement; 1 – pressing roller; 2 – rolling roller; 3 – compacted layer of the mixture; 4 – interlayer reinforcement

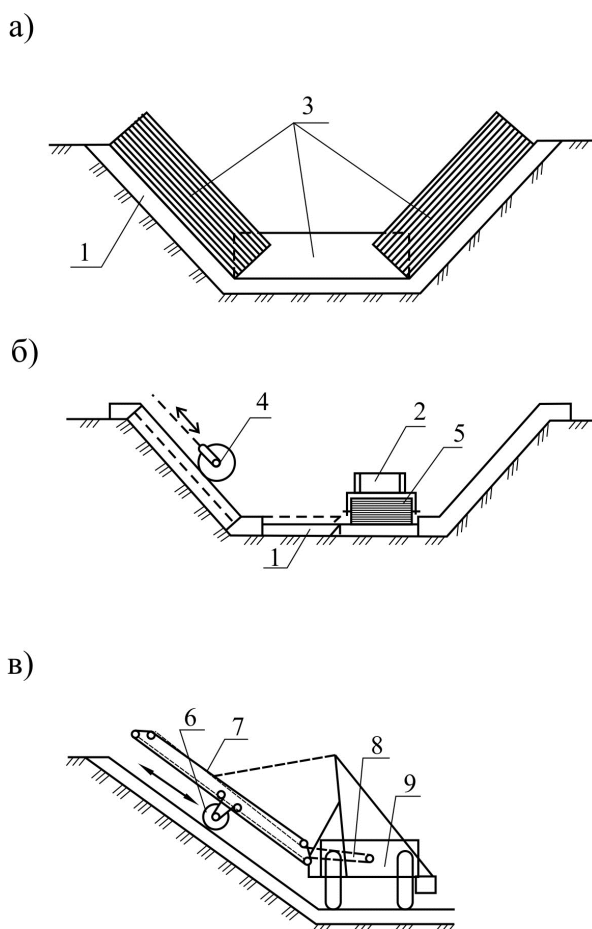


Рисунок 2 – Уплотнение бетонных смесей при бетонировании каналов:
а) уплотнение смеси трёхвальцовым катком; б) уплотнение смеси прицепным и двухвальцовым катком; в) уплотнение смеси навесным катком;
1 – слой бетонирования; 2 – двухвальцовый каток; 3 – трёхвальцовый каток;
4 – прицепной каток; 5 – валец катка; 6 – навесной каток; 7 – стрела;
8 – тяговые канаты; 9 – трактор

Figure 2 – Compaction of concrete mixtures during concreting channels: a) compaction of the mixture with a three-roll roller; б) compaction of the mixture with a trailer and a two-roll roller; c) compaction of the mixture with a mounted roller; 1 – concreting layer; 2 – two-roll roller; 3 – three-roll roller; 4 – trailer roller; 5 – roller drum; 6 – mounted roller; 7 – boom; 8 – traction ropes; 9 – tractor

Для повышения прочностных и эксплуатационных свойств бетона плит и облицованного им русла канала, помимо рекомендованной технологии уплотнения таких смесей, дополнительно, целесообразно было бы снизить и начальное водосодержание смесей. И осуществить это можно за счет использования высокоэффективных пластифицирующих добавок, а чтобы не увеличить стоимость работ, желательно изыскать добавку из числа крупнотоннажных промышленных отходов.

В качестве добавки рекомендуется пластификатор формиатно-спиртовый (ПФС), являющийся побочным продуктом производства пентаэритрита, представляющий собой водный раствор формиата натрия, сиропообразующих веществ и полиспиртов – монопентаэритрита и полипентаэритритов. ПФС, более чем на порядок дешевле С-3, СМФ, ЛСТМ и других подобных им пластификаторов, доставляется в виде водного раствора 40-50 % концентрации по массе в бочках и цистернах. Транспортирование осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом [9, 10].

Для выявления влияния физико-химического воздействия водного раствора ПФС на прочностные и эксплуатационные свойства бетона на заполнителях с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц использовался Новороссийский портландцемент марки 500, заполнителями служили щебень из песчаника фракции 5-20 мм Потаповского месторождения с содержанием пылевидных и глинистых частиц в количестве 6,4-6,9 % и отход камнедробления песчаника фракции 0-5 мм (высевка) Потаповского месторождения с модулем крупности 2,48 с содержанием 18,2-18,8 % пылевидных и глинистых частиц. Для решения рецептурно-технологических задач применялись методы теории планирования эксперимента с построением геометрического образа функции отклика способами линейной алгебры. При этом соблюдались соотношения: $\text{Ц} + \text{Выс} = 950 \text{ кг/м}^3$, $\text{Щ} = 1270 \text{ кг/м}^3$, где: Ц, Выс, Щ – соответственно, расходы цемента, высевок, щебня [9, 10].

Условия кодирования и варьирования факторов планируемого экспериментального исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Кодирование и варьирование факторов

Table 1 – Coding and variation of factors

Факторы	Код X_i	Основной уровень, X_0 %	Интервал варьирования, ΔX_i	Нижний уровень, «-»	Верхний уровень, «+»
Цемент	X_1	400	40	360	440
ПФС	X_2	3,0	2,0	1,0	5,0

Графический план эксперимента представлен на рисунке 3, а матрица планирования и условия эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Матрица планирования и условия эксперимента

Table 2 - Planning matrix and experimental conditions

Номер опыта	План		X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	Факторы	
	X_1	X_2				X_1 (Ц)	X_2 (ПФС)
1	0	0	0	0	0	400	3,0
2	-1	0	1	0	0	360	3,0
3	1	0	1	0	0	440	3,0
4	-0,5	0,87	0,25	0,75	-0,43	380	5,0
5	0,5	0,87	0,25	0,75	0,43	420	5,0
6	-0,5	-0,87	0,25	0,75	0,43	380	1,0
7	0,5	-0,87	0,25	0,75	-0,43	420	1,0

Из рисунка 3 видно, что точки принятого плана эксперимента имеют координаты вершин правильного шестиугольника, построенного в пределах варьирования факторов ± 1 в кодированной форме. Выбранный план удобен тем, что переход от кодированных значений факторов к натуральным и наоборот можно осуществить графически по соответственным осям (рисунок 3).

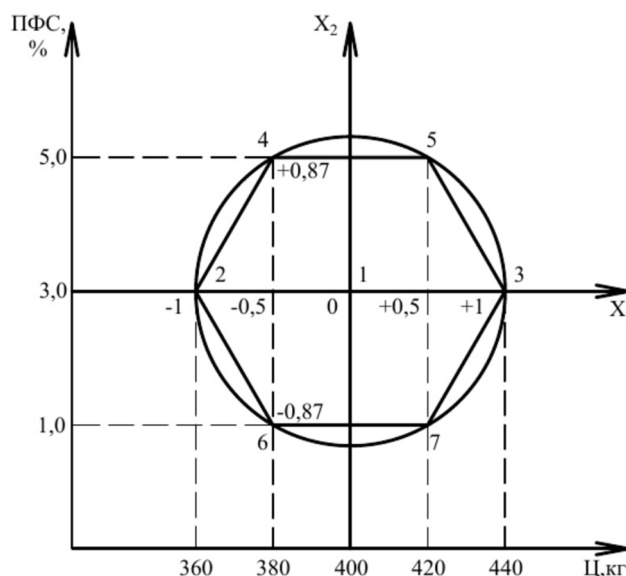


Рисунок 3 – План эксперимента на шестиугольнике

Figure 3 – The plan of the experiment on the hexagon

По результатам семи опытов (шесть вершин и центр шестиугольника) вычисляются неизвестные коэффициенты уравнения регрессии второго порядка:

$$\hat{y}_R = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (1)$$

где:

$$b_0 = (0y) - \sum_{i=1}^k (iiy); \quad b_i = 1/3(iy); \quad b_{ij} = 4/3(ijy);$$

$$b_{ii} = 2/3(iiy) + 5/6 \sum_{i=1}^k (iiy) - (0y). \quad (2)$$

По формулам (2) были подсчитаны коэффициенты уравнения регрессии второго порядка, расчётные значения которых приведены ниже:

$$b_0 = 189,0 - (89,0 + 65,0) = 35,0; \quad b_1 = 8,25/3 = 2,75;$$

$$b_2 = 2,18/3 = 0,73; \quad b_{12} = 4/3 \cdot (0,13) = 0,17;$$

$$b_{11} = 2/3 \cdot (89,0) + 5/6 \cdot (89,0 + 65,0) - 189,0 = -1,40;$$

$$b_{22} = 2/3 \cdot (65,0) + 5/6 \cdot (89,0 + 65,0) - 189,0 = -17,40.$$

Для прочности бетона на сжатие после тепловлажностной обработки было получено регрессионное уравнение в нижеприведённом виде:

$$\hat{y}_R = 35,0 + 2,75 X_1 + 0,73 X_2 - 1,40 X_1^2 - 17,40 X_2^2 + 0,17 X_1 X_2. \quad (3)$$

Регрессионный анализ модели (3) произведём после определения ошибки эксперимента и расчёта ошибок коэффициентов уравнения. С учётом трёхкратной повторности опытов, дисперсия воспроизводимости и ошибка проведённого эксперимента по воспроизводимости составят: $S_{zv}^2 = 0,27$; $S_{zv} = \sqrt{0,27} = 0,519$.

Таблица 3 – Расчёт ошибок коэффициентов

Table 3 – Calculation of coefficient errors

b_m	b_0	b_i	b_{ii}	b_{ij}
T_i	1,0	0,577	1,224	1,155
$T_i \cdot S_{эв}$	0,519	0,299	0,635	0,599
$t \cdot T_i \cdot S_{эв}$	0,914	0,527	1,118	1,055

Примечание. T_i – расчётные коэффициенты для оценки ошибок коэффициентов регрессии; t – критерий Стьюдента, $t = 1,761$ (Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработка результатов. Краснодар: КГАУ, 2004. 239 с.).

Таблица 4 – Регрессионный анализ модели

Table 4 – Regression analysis of the model

b_m	Начальная модель	$b_{кр}$	Конечная модель	ijy	$b_{ij} (ijy)$
b_0	35,0	0,914	35,0	189,0	6615,0
b_1	2,75	0,527	2,75	8,25	22,69
b_2	0,73	0,527	0,73	2,18	1,59
b_{11}	-1,40	1,118	-1,40	89,0	-124,60
b_{22}	-17,40	1,118	-17,40	65,0	-1131,0
b_{12}	0,17	1,055	0	0,13	0

Сумма квадратов SS_{mod} :

$$SS_{mod} = 5383,68;$$

$$SS_{эв} = S_{эв}^2 \cdot f_{э} = 0,27 \cdot N(n - 1) = 0,27 \cdot 7(3-1) = 3,78;$$

Сумма квадратов $SS = SS_{mod} + SS_{эв} = 5387,46$.

Проводим проверку адекватности модели при риске $\alpha = 0,05$, и числе степеней свободы $f_{на} = 7 - 5 = 2$ и $f_{э} = N(n - 1) = 14$. Сумма квадратов $SS_{на}$:

$$SS_{на} = (yy) - (SS_{mod} + SS_{эв}) = 5388,45 - (5383,68 + 3,78) = 0,99,$$

– дисперсия неадекватности $S_{на}^2$:

$$S_{на}^2 = SS_{на} / f_{на} = 0,99 / (7-5) = 0,495,$$

– критерий Фишера:

$$F_a = S_{на}^2 / S_{эв}^2 = 0,495 / 0,27 = 1,83,$$

$$F_a = 1,83 < F_T = 3,76.$$

Таким образом, можно допустить, что математическая модель (4) с риском $\alpha = 0,05$ адекватно описывает результаты эксперимента:

$$\hat{y}_R = 35,0 + 2,75X_1 + 0,73X_2 - 1,40X_1^2 - 17,40X_2^2, \quad (4)$$

Анализ модели (4) произведём после определения её типа и построения соответствующего ей геометрического образа. Для этого воспользуемся общей теорией поверхностей второго порядка [8], принимая:

$$b_0 - y = a_0; \quad b_{ij} = 2a_{ij}; \quad b_i = 2a_i; \quad b_{ii} = a_{ii}. \quad (5)$$

Инварианты кривой второго порядка составят:

– сумма коэффициентов при квадратичных членах:

$$S = b_{11} + b_{22} = -1,4 - 17,4 = -18,8;$$

– определитель, составленный из коэффициентов при старших членах:

$$\delta = \begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1,4 & 0 \\ 0 & -17,4 \end{vmatrix} = 24,36; \quad (6)$$

– определитель третьего порядка, составленный из всех коэффициентов:

$$\Delta = \begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} & 0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & b_{22} & 0,5b_2 \\ 0,5b_1 & 0,5b_2 & b_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1,4 & 0 & 1,375 \\ 0 & -17,4 & 0,365 \\ 1,375 & 0,365 & 35,0 \end{vmatrix} = 885,68. \quad (7)$$

Принимая во внимание, что $\delta > 0$, $\Delta \neq 0$, $S\Delta < 0$ уравнение (4) описывает эллиптическую поверхность отклика.

Используя инварианты (5), (6) и (7), приведём уравнение (4) к удобной для анализа и геометрической интерпретации канонической форме:

$$\lambda_1 \bar{X}_1^2 + \lambda_2 \bar{X}_2^2 + C = 0. \quad (8)$$

Коэффициенты канонической формы вычисляем через инварианты:

$$C = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{885,68}{24,36} = 36,36, \quad (9)$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{S}{2} \pm \sqrt{\frac{S^2}{4} - \delta} = -9,4 \pm 8,0; \quad (10)$$

$$\lambda_1 = -1,40; \quad \lambda_2 = -17,40.$$

С геометрической точки зрения переход к уравнению (8) означает перенос начала координат в центр кривой (поверхности) и поворот их на некоторый угол до совмещения с главными осями кривой (поверхностями) второго порядка.

С учётом (9) и (10) каноническая форма уравнения (4) примет вид:

$$-1,40 \bar{X}_1^2 - 17,40 \bar{X}_2^2 + 36,36 = R_{ТВО}, \quad (11)$$

а координаты центра поверхности отклика определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \bar{X}_{01} &= \frac{\begin{vmatrix} -0,5b_1 & 0,5b_{12} \\ -0,5b_2 & b_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -1,375 & 0 \\ -0,365 & -17,40 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -1,40 & 0 \\ 0 & -17,40 \end{vmatrix}} = \frac{23,93}{24,36} = 0,98, \\ \bar{X}_{02} &= \frac{\begin{vmatrix} b_{11} & -0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & -0,5b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -1,40 & -1,375 \\ 0 & -0,365 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -1,40 & 0 \\ 0 & -17,40 \end{vmatrix}} = \frac{0,511}{24,36} = 0,021. \end{aligned} \quad (12)$$

Так как коэффициент b_{12} равен нулю, то нет поворота новых осей относительно первоначальных.

По канонической форме (11) полуоси эллипсов определяются из нижеследующих соотношений:

$$a = \sqrt{\frac{36,36 - R_{ТВО}}{1,40}}; \quad b = \sqrt{\frac{36,36 - R_{ТВО}}{17,40}}. \quad (13)$$

Задаваясь для функции отклика шагом $\Delta \hat{y}_R = 1,0$, получим ряд сечений, проекции которых на факторную плоскость будут эллипсами с полуосями, определяемыми по формулам (13).

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 36,3; a = \sqrt{\frac{36,36-36,3}{1,40}} = 0,21; b = \sqrt{\frac{36,36-36,3}{17,40}} = 0,06;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 36,0; a = \sqrt{\frac{36,36-36,0}{1,40}} = 0,51; b = \sqrt{\frac{36,36-36,0}{17,40}} = 0,14;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 35,0; a = \sqrt{\frac{36,36-35,0}{1,40}} = 0,98; b = \sqrt{\frac{36,36-35,0}{17,40}} = 0,28;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 34,0; a = \sqrt{\frac{36,36-34,0}{1,40}} = 1,298; b = \sqrt{\frac{36,36-34,0}{17,40}} = 0,37;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 33,0; a = \sqrt{\frac{36,36-33,0}{1,40}} = 1,55; b = \sqrt{\frac{36,36-33,0}{17,40}} = 0,45;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 32,0; a = \sqrt{\frac{36,36-32,0}{1,40}} = 1,76; b = \sqrt{\frac{36,36-32,0}{17,40}} = 0,50;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 31,0; a = \sqrt{\frac{36,36-31,0}{1,40}} = 1,96; b = \sqrt{\frac{36,36-31,0}{17,40}} = 0,56;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 30,0; a = \sqrt{\frac{36,36-30,0}{1,40}} = 2,13; b = \sqrt{\frac{36,36-30,0}{17,40}} = 0,61;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 29,0; a = \sqrt{\frac{36,36-29,0}{1,40}} = 2,3; b = \sqrt{\frac{36,36-29,0}{17,40}} = 0,65;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 28,0; a = \sqrt{\frac{36,36-28,0}{1,40}} = 2,44; b = \sqrt{\frac{36,36-28,0}{17,40}} = 0,7;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 27,0; a = \sqrt{\frac{36,36-27,0}{1,40}} = 2,59; b = \sqrt{\frac{36,36-27,0}{17,40}} = 0,74;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 26,0; a = \sqrt{\frac{36,36-26,0}{1,40}} = 2,72; b = \sqrt{\frac{36,36-26,0}{17,40}} = 0,77;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 24,0; a = \sqrt{\frac{36,36-24,0}{1,40}} = 2,97; b = \sqrt{\frac{36,36-24,0}{17,40}} = 0,84;$$

$$\text{Для } R_{\text{ТВО}} = 22,0; a = \sqrt{\frac{36,36-22,0}{1,40}} = 3,20; b = \sqrt{\frac{36,36-22,0}{17,40}} = 0,91.$$

Геометрический образ модели $\hat{y}_R (R_{\text{ТВО}})$ изображен на рисунке 4.

В пользу предложенных для плит и облицовок каналов бетонов свидетельствуют и результаты сравнительных испытаний бетонных образцов-кубов с расходами цемента 360 кг/м^3 и 430 кг/м^3 с такими же заполнителями, но без добавления в смесь пластификатора ПФС. Прочность при одноосном сжатии образцов-кубов после ТВО, имеющих дозировку цемента в количестве 360 кг/м^3 , соответствовала $16,24 \text{ МПа}$, а в количестве 430 кг/м^3 – $21,8 \text{ МПа}$. При добавлении в смесь пластификатора ПФС прочностные показатели бетонов с расходами цемента 360 кг/м^3 и 430 кг/м^3 достигают, соответственно, $30,85 \text{ МПа}$ и $36,27 \text{ МПа}$. Такой прирост (60-80 %) прочности объясняется тем, что мельчайшие пылевидные и глинистые частицы коллоидных размеров в присутствии пластификатора ПФС проявляют дефлокулирующее действие в гидратирующей системе “цемент-вода” и играют роль центров кристаллизации в контактной зоне на границе цементного камня с заполнителем, что способствует появлению дополнительных связей в твердеющей системе, которые создают условия для ускоренного формиро-

ния кристаллизационной структуры цементного камня, более полной и быстрой коагуляции его коллоидных составляющих, что и обеспечивает, в конечном счете, повышение плотности и прочности бетона.

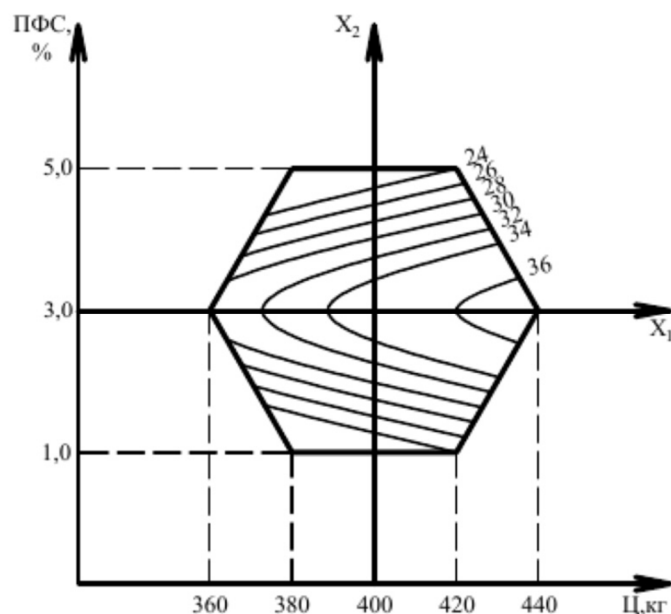


Рисунок 4 – Геометрический образ модели $\hat{y}_R$ прочности бетона после тепловлажностной (ТВО) обработки

Figure 4 – Geometric image of the concrete strength model after heat and moisture treatment

Морозостойкость бетона определялась по ускоренному методу согласно ГОСТ 10060-2012 и оценивалась способностью выдерживать в насыщенном растворе соли состоянии многократное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения и существенного снижения прочности. Нормируемые характеристики определялись по результатам испытаний бетонных образцов-кубов с ребром 100 мм 28-суточного возраста. Насыщение и оттаивание образцов осуществлялось в ваннах с 5 %-ным водным раствором хлорида натрия температурой 20 °С, а замораживание – в морозильной камере, обеспечивающей достижение и поддержание температуры воздуха и среды замораживания минус 50 °С [10, 11]. Состав бетона: Ц = 430 кг/м³, Выс = 520 кг/м³, Щ = 1270 кг/м³, В = 180 л/м³, ПФС = 12,9 кг/м³.

Результаты испытаний при числе циклов попеременного замораживания и оттаивания – 37:

- среднее значение прочности R_{cp} контрольных образцов – 43,9 МПа, основных – 44,5 МПа;
- среднеквадратичное отклонение σ_n для контрольных образцов – 1,92 МПа, для основных – 1,32 МПа;
- коэффициент вариации V_m прочности для контрольных образцов – 4,37 %, для основных – 2,97 %;
- нижняя граница доверительного интервала прочности при критерии Стьюдента 2,57 для контрольных образцов: 43,9 - 2,57 · 1,92 = 38,97 МПа; для основных: 44,5 - 2,57 · 1,32 = 41,11 МПа.

Таким образом, образцы бетона с упомянутым выше составом выдержали 37 циклов испытаний, что соответствует марки бетона по морозостойкости 300.

В результате проведенных исследований появляется возможность расширения сырьевой базы для производства сборных железобетонных элементов и снижения стоимости работ при устройстве бетонных облицовок каналов мелиоративных систем за счет использования в бетоне недорогих местных заполнителей.

Выводы. Предложены сборные (из плит) и монолитные облицовки мелиоративных каналов из бетона на недорогих местных заполнителях. При формировании плит и бетонировании облицовок рекомендовано уплотнение бетонных смесей на заполнителях с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц производить принудительным прессованием или (и) укатыванием, а снижение начального водосодержания обеспечивать добавлением в смесь пластификатора формиатно-спиртового, являющегося отходом производства пентаэритрита. Установлено существенное влияние пластификатора формиатно-спиртового на прочностные и эксплуатационные свойства бетона. Методами теории планирования эксперимента получена полиномиальная модель второго порядка, адекватно на 5 %-ном уровне значимости описывающая зависимость прочности бетона на недорогих местных заполнителях от расхода цемента и дозировки пластификатора ПФС: при расходе цемента от 360 до 440 кг/м³ дозировку пластификатора в виде водного раствора в количестве 3,0 % от массы цемента, следует считать оптимальной; добавление пластификатора ПФС в состав смеси повысило прочность бетона после тепловлажностной обработки на 60-80 %. Ускоренными испытаниями бетонных образцов на морозостойкость в растворе хлорида натрия подтверждено соответствие бетона на некондиционных заполнителях для плит и облицовок каналов марке 300. Результаты проведенных исследований выявили возможность расширения сырьевой базы для формирования плит и устройства облицовок каналов мелиоративных систем за счет использования в бетоне недорогих местных заполнителей.

Библиографический список

1. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8-12.
2. Власов М. В., Васильев М. С., Григоров С. М. Теоретическое обоснование совершенствования эксплуатации оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 23–28.
3. Гулюк Г. Г. Новые проблемы мелиорации 2021-2025 гг. и пути их решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 1. С. 2-5.
4. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка комплексной реконструкции и модернизации оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 6-12.
5. Мищенко Н. А., Алдошкин А. А., Козлова Л. К. Инновационные технологические и технические решения для оросительных систем на различные площади орошения // Вестник мелиоративной науки. 2022. № 1. С. 9-17.
6. Носов А. К., Трунин В. В. Защитные технологии бетонных конструкций гидротехнических сооружений // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1 (65). С. 234-239.
7. Сайфидинов Б., Близнецова М. М. Эффективные направления защиты конструкций гидротехнических сооружений // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 73-3. С. 82-86.
8. Состояние и основные направления развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в Рязанской области / П. Н. Ванюшин, А. В. Нефедов, А. В. Кузин, Н. А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 11-17.
9. Федоров В. М., Васильева Е. В., Яковенко Е. А. Безопасные и надежные сооружения водохозяйственных систем из укатанных бетонов. Новочеркасск: Лик, 2019. 166 с.
10. Gorbach P., Gordeev K. Indirect reinforcement of reinforced concrete structures // Modern Technologies and Scientific and Technological Progress. 2022. No 1. P. 165-166.

11. Technical solutions for reinforcing concrete structures / E. I. Khobot, P. I. Knyshova, T. E. Demochkin, A. V. Poliakov // Journal of Critical Reviews. 2020. No 7 (9). P. 796-801.

12. The mechanical properties of centrifuged concrete in reinforced concrete structures / R. Kliukas, O. Lukoseviciene, A. Jaras, B. Jonaitis // Applied Sciences. 2020. V. 10 (10). 3570.

Информация об авторах

Васильева Елена Викторовна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский Политехнический Институт) имени М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, тел. 89085080528, e-mail: karalenska5@yandex.ru

Федоров Виктор Матвеевич, профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова - филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

Чибинёв Николай Николаевич, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский Политехнический Институт) имени М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, тел. 89185431953, e-mail: fire.expert.ug@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-59

THE POSSIBILITIES OF CONTROL OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WHEN IT IS USED AS A BRAKE

V. M. Zotov¹, A. I. Ryabov², F.R. Al-Sumaidae^{2,4}, A. Sh.H. Al-Jumaili^{3,5}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Volgograd State University, Volgograd*

³*Moscow Polytechnic University, Moscow*

⁴*Iraqi State University of Technology, Iraq, Baghdad*

⁵*Ministry of Higher Education and Scientific Research of Iraq, Iraq, Baghdad*

Received 01.07.2022

Submitted 30.08.2022

Summary

The article analyzes the designs of currently used motor brakes and their effectiveness in terms of the possibility of regulating the power of mechanical losses of the engine. Their advantages and disadvantages are shown. The motor brake with a flap proposed by the authors makes it possible to increase the braking efficiency of the car by the engine and stabilize the braking torque due to an automated control system for an additional valve.

Abstract

Introduction. The article notes that at the present stage of the development of the automotive industry, the most promising way to increase the braking efficiency, reduce the loads on the service brake system, increase its reliability, as well as the safety of the car on descents, especially protracted ones, is the use of engine brakes of various designs. Compared to hydraulic and electric auxiliary braking systems, engine brakes have a simpler design, and most importantly, several times less weight and cost. **Materials and methods.** The article analyzes the designs of currently used motor brakes and their effectiveness in terms of the possibility of regulating the power of mechanical losses of the engine. It is shown that the existing motor brakes do not allow the driver to smoothly adjust the power of the mechanical losses of the engine and the speed of the car during braking and, consequently, to choose the necessary braking intensity without connecting the service braking system. At the same time, the analysis showed that the *Constantdrossel* motor brake, developed by Daimler AG engineers, provides the possibility of regulating the power of mechanical losses of the engine, provided that the speed of rotation of the crankshaft is not lower than 900 revolutions per minute. Otherwise, there is an increasing leakage of gas through the constant throttle; as a result, the braking effect decreases and the motor brake is automatically deactivated. **Results and conclusions.** To eliminate this drawback, it is proposed to supplement the motor brake with a flap an automated control system for mechanical loss-

es of the engine using a brake torque controller. The scheme of the proposed automated control system of the internal combustion engine when it is used as a brake is given. Control accuracy is achieved due to the presence of the main feedback. The microcontroller also provides stabilization of the moment set by the driver when the vehicle speed and engine crankshaft speed decrease. The dependences of the cyclic operation of the pumping losses of the Internal combustion engines produced by the Open Joint Stock Company «Zavolzhsky Motor Plant» - 406 on the degree of opening of the additional valve at different speeds of rotation of the crankshaft, obtained as a result of modeling, are given. They prove the possibility of increasing the efficiency of car braking by the engine and stabilizing the braking torque due to an automated control system for an additional valve.

Key words: *automobile, automated control system, internal combustion engine, braking torque.*

Citation. Zotov V.M., Ryabov A.I., Al-Sumaidae F.R.N., Al-Jumaili A.Sh.H. The possibilities of control of an internal combustion engine when it is used as a brake. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 525-533 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-59.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 62-592.64

ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ТОРМОЗА

В. М. Зотов¹, кандидат технических наук, доцент

А. И. Рябов², инженер

Ф. Р. Аль-Сумайдаи^{2,4}, аспирант

А. Х. Ш. Аль-Джумайли^{3,5}, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБОУ Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

³ФГБОУ Московский государственный политехнический университет, г. Москва

⁴Иракский государственный технологический университет, Ирак, Багдад

⁵Министерство высшего образования и научных исследований Ирака, Багдад

Дата поступления в редакцию 01.07.2022

Дата принятия к печати 30.08.2022

Аннотация. В статье анализируются конструкции используемых в настоящее время моторных тормозов и их эффективность с точки зрения возможности регулирования мощности механических потерь двигателя. Показаны, с этой точки зрения, их достоинства и недостатки. Предлагаемый авторами моторный тормоз с заслонкой даёт возможность повышения эффективности торможения автомобиля двигателем и стабилизацию тормозного момента за счет автоматизированной системы управления дополнительным клапаном.

Актуальность. На современном этапе развития автомобилестроения наиболее перспективным способом повышения эффективности торможения, снижения нагрузок на рабочую тормозную систему, повышения ее надежности, а также безопасности движения автомобиля на спусках, особенно затяжных, является использование моторных тормозов различной конструкции. По сравнению с гидравлическими и электрическими вспомогательными тормозными системами моторные тормоза, имеют более простую конструкцию, а главное, в несколько раз меньший вес и стоимость.

Материалы и методы. В статье анализируются конструкции используемых в настоящее время моторных тормозов и их эффективность с точки зрения возможности регулирования мощности механических потерь двигателя. Показано, что существующие моторные тормоза не позволяют водителю плавно регулировать мощность механических потерь двигателя и скорость движения автомобиля в процессе торможения и, следовательно, выбрать необходимую интенсивность торможения

без подключения рабочей тормозной системы. В то же время анализ показал, что моторный тормоз с заслонкой Konstantdrossel, разработанный инженерами Daimler AG, обеспечивает возможность регулирования мощности механических потерь двигателя, при условии что скорость вращения коленчатого вала не ниже 900 об/мин. В противном случае наблюдается возрастающая утечка газа через постоянный дроссель, в результате тормозной эффект уменьшается и моторный тормоз автоматически деактивируется. **Результаты и выводы.** Для устранения указанного недостатка предлагается дополнить моторный тормоз с заслонкой автоматизированной системой управления механическими потерями двигателя с помощью контроллера тормозного момента. Приводится схема предлагаемой автоматизированной системы управления двигателем внутреннего сгорания при его использовании в качестве тормоза. Точность управления достигается благодаря наличию главной обратной связи. Микроконтроллер также обеспечивает стабилизацию заданного водителем момента при снижении скорости автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Приведены зависимости цикловой работы насосных потерь двигателя ЗМЗ-406 от степени открытия дополнительного клапана при различных частотах вращения коленчатого вала, полученные в результате моделирования. Они доказывают возможность повышения эффективности торможения автомобиля двигателем и стабилизации тормозного момента за счет автоматизированной системы управления дополнительным клапаном.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, двигатель внутреннего сгорания, тормозной момент.

Цитирование. Зотов В. М., Рябов А. И., Аль-Сумайдаи Ф. Р. Н., Аль-Джумаили А. Х. Ш. Возможности управления двигателем внутреннего сгорания при его использовании в качестве тормоза. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 525-533. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-59.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На современном этапе развития автомобилестроения наиболее перспективным способом повышения эффективности торможения, снижения нагрузок на рабочую тормозную систему, повышения ее надежности, а также безопасности движения автомобиля на спусках, особенно затяжных, является использование моторных тормозов различных конструкций.

По сравнению с гидравлическими и электрическими вспомогательными тормозными системами моторные тормоза, например с заслонкой имеют более простую конструкцию, а главное, в несколько раз меньший вес и стоимость [5].

В настоящее время инжекторные двигатели (ИД) (т.е. двигатели, где подача топлива в цилиндр осуществляется путем принудительного впрыскивания) практически полностью вытеснили двигатели с карбюраторной системой питания. Главным преимуществом инжекторных двигателей является возможность электронного управления, которое позволяет отключать подачу топлива в двигатель при использовании его в качестве тормоза. Это позволяет повысить топливную экономичность и экологическую безопасность автомобиля [2, 5, 6].

Однако моторные тормоза имеют существенные недостатки, например, они не позволяют водителю плавно регулировать мощность механических потерь двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и скорость движения автомобиля в процессе торможения, что не позволяет выбрать необходимую интенсивность торможения без подключения рабочей тормозной системы [1, 6]. Несмотря на то что производители предлагают широкую номенклатуру моторных тормозов для двигателей внутреннего сгорания, работы по математическому моделированию и аналитическому синтезу систем управления ими

отсутствуют. В связи с этим анализ различных конструкций моторных тормозов, выбор наиболее подходящего для обеспечения возможности регулирования мощности механических потерь и разработка автоматизированной системы управления ими в процессе торможения представляет несомненный интерес [3, 4, 7, 8].

Материалы и методы. Рассмотрим используемые в настоящее время моторные тормоза, обеспечивающие регулирование мощности механических потерь двигателя за счёт изменения положения заслонки в выпускном тракте [7, 9-12].

Первым рассмотрим наиболее простой и широко применяемый моторный тормоз с заслонкой в выпускном тракте (рисунок 1).

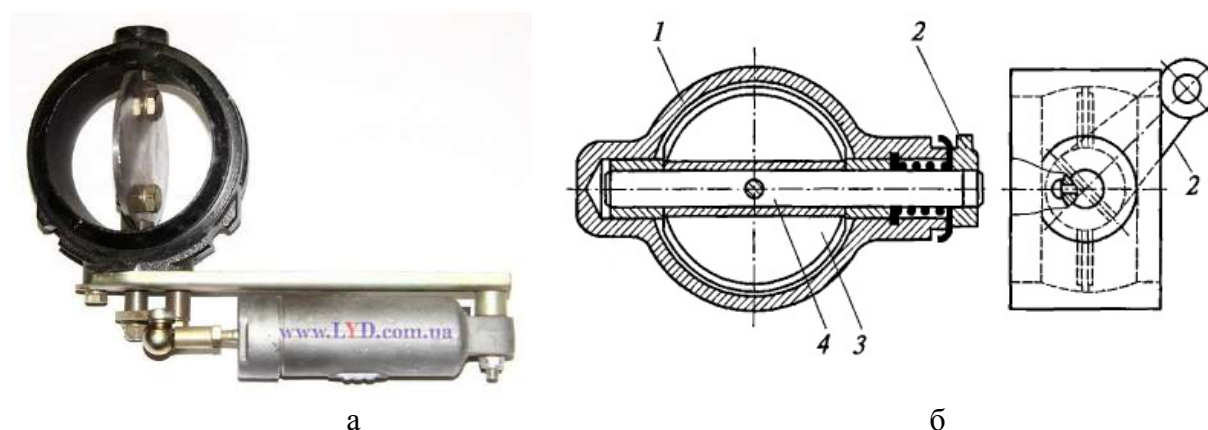


Рисунок 1 – а) Вид моторного тормоза с заслонкой и пневматическим цилиндром управления;
б) чертеж корпуса с заслонкой: 1 – корпус; 2 – поворотный рычаг вала заслонки;
3 – заслонка; 4 – вал заслонки

Figure 1 – a) Type of motor brake with flap and pneumatic control cylinder; b) drawing of the housing with a flap: 1 – body; 2 – rotary lever of the valve shaft; 3 – flap; 4 – valve shaft

Он имеет всего 4 детали: 1 – корпус; 2 – поворотный рычаг вала заслонки; 3 – заслонка; 4 – вал заслонки, который поворачивается пневматическим цилиндром. Привод включения моторного тормоза пневматический. Для включения моторного тормоза в пневматический цилиндр подается сжатый воздух, и он посредством поворотного рычага 2 (рис. 1 б) поворачивает заслонку, которая практически полностью перекрывает выпускной тракт с целью создания в нем давления при выпуске газов из двигателя. Одновременно с поворотом заслонки отключается подача топлива в цилиндры ИД. Зазор между корпусом 1 и заслонкой 3 (или отверстие в заслонке) ограничивает давление газов в выпускном тракте при максимальной частоте вращения вала ИД величиной порядка 0,3 МПа для исключения открытия выпускных клапанов двигателя, которые удерживаются в закрытом положении за счет предварительного поджатия клапанных пружин.

Данный моторный тормоз с заслонкой имеет следующие недостатки [1, 3, 8]:

1) отсутствует регулирование мощности механических потерь двигателя в процессе торможения, поскольку система управления позволяет выполнить только 2-е операции – включить тормоз и выключить;

2) при работе моторного тормоза в цилиндры двигателя из выхлопного тракта могут попадать твердые частички, образующие задиры на их стенках и повреждающие клапаны;

3) эффективность моторного тормоза снижается при уменьшении частоты вращения коленчатого вала ДВС, так как при этом падает давление газов в выпускном тракте и мощность механических потерь двигателя;

4) ограниченная удельная мощность (14-20 кВт на литр рабочего объема ДВС), поскольку давление в выпускном тракте нельзя поднимать выше 0,3 МПа из-за риска самопроизвольного открытия клапанов.

Вторым рассмотрим улучшенный вариант моторного тормоза с заслонкой (рисунк 2).

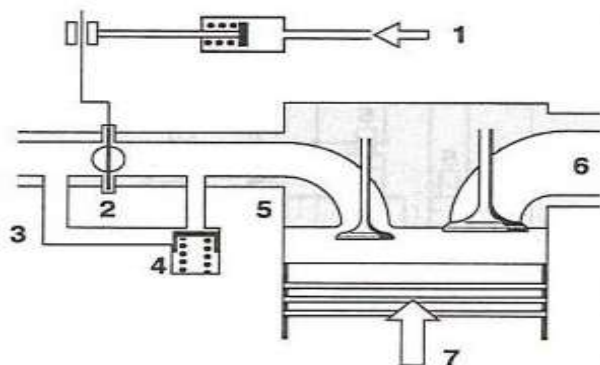


Рисунок 2 – Моторный тормоз с байпасом и установленным в нем перепускным клапаном, ограничивающим давление выпуска:

- 1 – подача сжатого воздуха для закрытия заслонки; 2 – герметичная заслонка; 3 – байпас;
4 – клапан ограничения давления выпускном коллекторе; 5 – выпускном коллектор;
6 – впускной коллектор; 7 – поршень

Figure 2 – A motor brake with a bypass and a bypass valve installed in it, limiting the exhaust pressure:

- 1 – compressed air supply to close the flap; 2 – sealed flap; 3 – bypass;
4 – exhaust manifold pressure limiting valve; 5 – exhaust manifold; 6 – intake manifold; 7 – piston

Он содержит герметичную заслонку 2, байпас (обводной канал 3) с перепускным клапаном, который, с одной стороны, ограничивает давление в выпуске 4, а с другой стороны он поддерживает давление при снижении частоты коленчатого вала. Сжатая пружина перепускного клапана, поджимающая затвор клапана к корпусу байпаса 3, обеспечивает достаточно высокое давление в выпускном коллекторе даже при малой частоте вращения вала ДВС, что повышает эффективность торможения. Но остался главный недостаток – отсутствует регулирование мощности механических потерь двигателя в процессе торможения, поскольку система управления позволяет выполнить только две операции – включить тормоз и выключить тормоз [4].

Третьим рассмотрим моторный тормоз Джакобса – Jake Brake (рис. 3), который уже десятилетия применяют в США на грузовиках Freightliner (двигатели Cummins и Caterpillar) и в Нидерландах на грузовиках DAF.

На первом такте (рисунок 3а) поршень перемещается от верхней мертвой точки 1 (В.М.Т.) до нижней мертвой точки 2 (Н.М.Т.). Происходит всасывание воздуха в цилиндр под давлением несколько ниже атмосферного. На втором такте (рисунок 3 б) поршень перемещается в обратном направлении, и происходит сжатие воздуха по адиабате 2 – 3. В точке 3 происходит сброс давления до атмосферного путем кратковременного открытия выпускного клапана. В такте 3 происходит расширение воздуха, в камере сгорания до давления ниже атмосферного. В такте 4 открывается выпускной клапан, и газы из выпускного тракта заходят в цилиндр, давление повышается до атмосферного, затем воздух из цилиндра под давлением немного большим, чем атмосферное, выталкивается через выпускной клапан. Диаграммы тактов 3 и 4 не приведены, но они мало отличаются от диаграммы такта 1. Полная работа цикла практически равна площади фигуры, обозначенной точками 1, 2 и 3 на такте сжатие (рисунок 3 б).

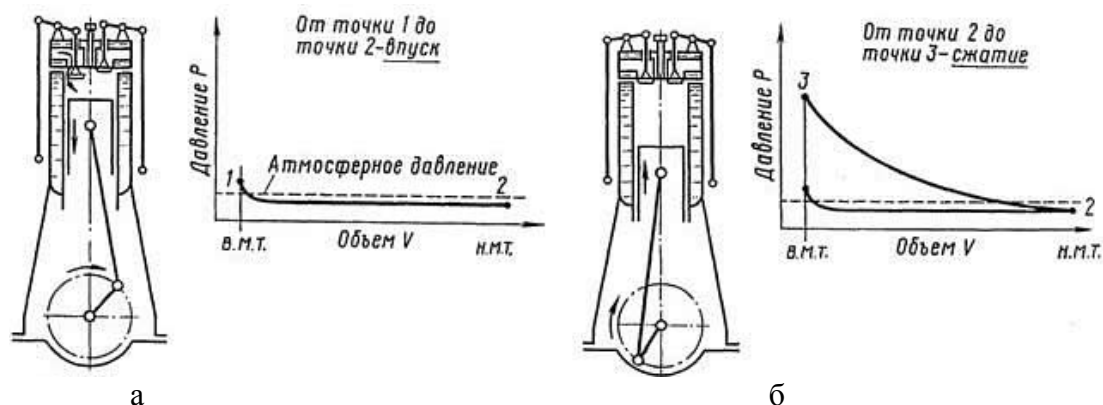


Рисунок 3 – Такты впуска и сжатия моторного тормоза Джакобса – Jake Brake:
а) такт впуска; б) такт сжатия

Figure 3 – Intake and compression cycles of the Jacobs engine brake (Jake Brake).
a) intake stroke; b) compression stroke

Для сброса давления в конце хода сжатия (точке 3) между толкателем и стержнем клапана устанавливается промежуточное звено – плунжер, изменяющий длину под действием управляющей гидравлической системы. Основная работа торможения совершается на такте сжатия, после открытия выпускного клапана и сброса давления, поэтому такой тормоз называют декомпрессионным. Небольшая работа торможения совершается также и на такте впуска, когда в цилиндре создается разрежение. В моторном тормозе Джакобса отсутствует заслонка и возможность попадания в цилиндры двигателя твердых частиц из выхлопного тракта, которые могут снизить ресурс ДВС, однако остальных недостатков, присущих моторным тормозам с заслонкой, он не лишен. Дополнительным недостатком тормоза Джакобса является сложность конструкции.

Четвертый моторный тормоз под названием Konstantdrossel (постоянный дроссель) (рисунок 4) разработали более двадцати лет назад инженеры Daimler AG, он и сейчас устанавливается на грузовики Mercedes-Benz.

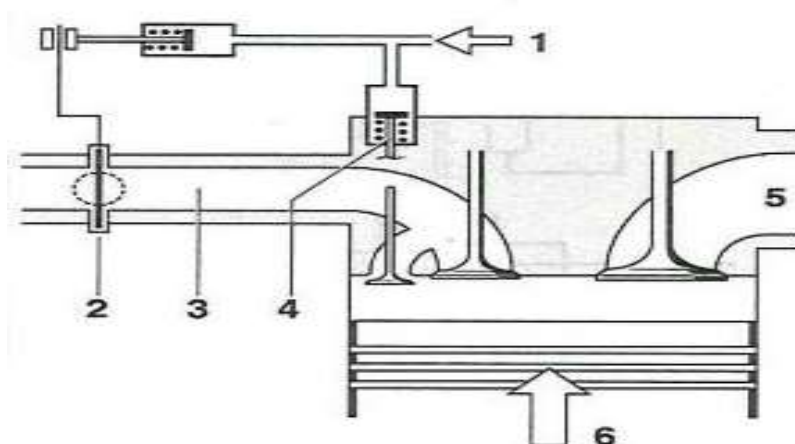


Рисунок 4 – Моторный тормоз Konstantdrossel (постоянный дроссель):
1 – подача сжатого воздуха; 2 – выпускная заслонка; 3 – выпуск; 4 – привод дополнительного клапана; 5 – впуск; 6 – поршень

Figure 4 – Motor brake Konstantdrossel
1 – compressed air supply; 2 – exhaust valve; 3 – exhaust; 4 – additional valve actuator;
5 – intake; 6 – piston

В отличие от традиционного моторного тормоза с заслонкой (рисунок 2) Konstantdrossel имеет в головке блока цилиндров независимый от привода газораспределительного механизма дополнительный маленький клапан, который при торможении открывается системой управления и постоянно удерживается в открытом положении за счет подачи сжатого воздуха в пневматический цилиндр 4. Это позволяет увеличить мощность механических потерь ДВС за счет использования части работы сжатия во время второго такта, поскольку наибольшее количество сжатого воздуха выходит из камеры во время прохождения поршня через верхнюю мертвую точку, предотвращая его расширение в течение третьего такта. При скорости вращения коленчатого вала ниже 900 об/мин утечки газа через постоянный дроссель возрастают, тормозной эффект уменьшается и моторный тормоз автоматически деактивируется.

Преимуществом моторного тормоза с заслонкой и постоянным дросселем является то, что он может обеспечить большую удельную мощность торможения – 30-40 кВт на литр рабочего объема ДВС. Однако моторному тормозу Konstantdrossel присущи все те недостатки, которые имеют моторные тормоза с заслонкой.

Результаты и обсуждение. Проведенный выше анализ показал, что в настоящее время отсутствует автоматизированная система, обеспечивающая управление двигателем внутреннего сгорания при его использовании в качестве тормоза. В этой связи авторами была разработана схема автоматизированной системы управления ДВС при его использовании в качестве тормоза. Данная схема представлена на рис. 5.



Рисунок 5 – Схема автоматизированной системы управления двигателем внутреннего сгорания при его использовании в качестве тормоза

Figure 5 – Diagram of an automated control system for an internal combustion engine when it is used as a brake

Предлагаемая автоматизированная система управляет механическими потерями двигателя, и, следовательно, его тормозным моментом с помощью контроллера тормозного момента. Он изменяет тормозной момент в соответствии с заданным водителем воздействием на тормозную педаль. Точность управления достигается благодаря наличию главной обратной связи. Микроконтроллер также обеспечивает стабилизацию заданного водителем момента при снижении скорости автомобиля и частоты вращения

коленчатого вала двигателя. Для оценки возможности стабилизации тормозного момента была разработана математическая модель моторного тормоза Konstantdrossel. Расчет проводился для двигателя ЗМЗ-406 при открытой дроссельной заслонке.

На рисунке 6 приведены зависимости цикловой работы насосных потерь двигателя ЗМЗ-406 от степени открытия дополнительного клапана при частотах вращения.

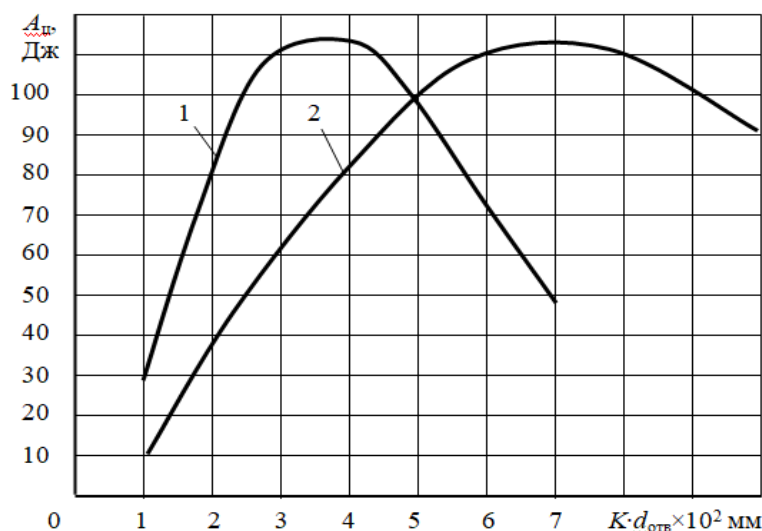


Рисунок 6 – Зависимости цикловой работы насосных потерь двигателя ЗМЗ-406 от степени открытия дополнительного клапана при частотах вращения: 1 – 600 об/мин; 2 – 2400 об/мин.

Figure 6 – The dependence of the cyclic operation of the pumping losses of the ZMZ-406 engine on the degree of opening of the additional valve at rotational speeds

Вывод. Анализ графиков на рис. 6 показывает, что для получения максимальной работы насосных потерь в процессе торможения двигателем при снижении частоты его вращения с 2400 об/мин (соответствует началу торможения) до 600 об/мин (соответствует холостому ходу) необходимо непрерывно уменьшать проходное сечение дополнительного клапана. Это доказывает возможность повышения эффективности торможения автомобиля двигателем и стабилизации тормозного момента за счет автоматизированной системы управления дополнительным клапаном.

Библиографический список

1. Карелина М. Ю., Арифиллин И. В., Терентьев А. В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 3-9.
2. Обоснование целесообразности постоянного использования двигателя для служебных торможений автомобиля / И. М. Рябов, Ф. Р. Аль-Сумайдаи, И. М. Титов, С. В. Данилов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 10-19.
3. Путинцев С. В., Агеев А. Г. Экспериментальная оценка малых изменений механических потерь в условиях стендовых моторных испытаний // Известия вузов. Машиностроение. 2014. № 7 (652). С. 69-75.
4. Путинцев С. В., Кулешов А. С., Агеев А. Г. Эмпирическая зависимость для исследования механических потерь в четырехтактных дизелях // Двигателестроение, 2014. № 3. С. 3-7.
5. Рябов И. М., Аль-Сумайдаи Ф. Р. Оценка ресурсосбережения при использовании ДВС автомобиля в качестве тормоза-замедлителя при служебных торможениях // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2019. № 4 (21). С. 33-37.

6. Рябов И. М., Аль-Сумайдаи Ф. Р. Особенности механических потерь в ДВС и их влияние на процесс торможения автомобиля двигателем // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2019. № 4 (29). С. 37-43.

7. Углубленный анализ результатов экспериментального исследования тормозных свойств двигателя КАМАЗ-740 с моторным тормозом при электронном управлении / И. М. Рябов, Ф. Р. Аль-Сумайдаи, В. М. Зотов, А. Ю. Соколов, А. Х. Аль-Джумаили // Инновационное машиностроение. 2021. № 6. С. 8-15.

8. Щукина В. Н. Анализ методов определения механических потерь для их последующего применения в процессе эксплуатации // Вестник. Техника и технологии АПК. 2016. № 5. С. 18-21.

9. A nonlinear wall-wetting model for the complete operating region of a sequential fuel injected SI engine / M. R. Simons, M. Locatelli, C. H. Onder, H. P. Geering // SAE paper. 2000. № 1260. P. 1-10.

10. Hart M., Ziegler M. Adaptive estimation of cylinder air mass using the combustion pressure // SAE paper. 1998. № 980791.

11. Kim Y.-W., Rizzoni G., Utkin V. Automotive engine diagnostics and control via nonlinear estimation // IEEE Control Systems. 1998.

12. Onder C. H., Geering H. P. Model-based multivariable speed and air-to-fuel ration control of an SI engine // SAE paper. 1993. № 930859. P. 69-80.

Информация об авторах

Зотов Вячеслав Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика» Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия, контактный телефон: 8-919-791-23-63, e-mail: zvmtn@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-1336-7632>

Рябов Александр Игоревич, инженер кафедры «Автомобильные перевозки» Волгоградского государственного технического университета, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, E-mail: rjabov1603@mail.ru

Аль-Сумайдаи Фаркд Ршид Н., Ирак, Багдад, Иракский технологический университет, аспирант Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, Россия

Аль-Джумаили Шихан Абдулсатар Х., Ирак, Багдад, Министерство высшего образования и научных исследований Ирака, аспирант Московского государственного политехнического университета, Москва, Россия e-mail: abdulsatar_k@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-60

BIOSPHERE-ECOLOGICAL PRINCIPLES OF CREATING HYDROMELIORATIVE SYSTEMS WITH THE FUNCTION OF COMPENSATING CLIMATIC RISKS

M. N. Lytov

Volgograd branch of the Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Volgograd

Received 14.06.2022

Submitted 03.08.2022

Summary

Biospheric-ecological principles for the creation of irrigation and drainage systems with the function of compensating for climatic risks have been developed. Seven such principles have been formulated, which not only determine the general direction of improving the designs of irrigation and drainage systems, but also focus on the need to endow technologies with biospheric functions.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is determined by the need to take systematic measures to address the global environmental challenges that mankind has already faced and may face in the foreseeable future. One of these - systemic approaches to solving the problem - is the method of biosphere-ecological substantiation, without exception, of all types of human activity. In the agrosphere, it is especially important to substantiate land reclamation technologies from the biosphere-ecological standpoint. Within the framework

of this general work, the purpose of this study is to develop biosphere-ecological principles for the creation of irrigation and drainage systems with the function of compensating for climate risks. **Object.** The object of research is irrigation and drainage systems and technologies with extended functionality to protect agricultural crops from climate risks. **Materials and methods.** The main methodological approach of research was the study and evaluation of ways to improve, as well as create new designs of irrigation systems and technologies through the prism of the concept of the biosphere, which is based on a holistic vision of natural phenomena. At the same time, the technological function of land reclamation should not be opposed to natural biospheric processes. At this stage, research is limited to the development of a system of biosphere-ecological principles for the creation of irrigation and drainage systems with the function of compensating for climate risks. **Results and conclusions.** Biospheric-ecological principles for the creation of irrigation and drainage systems with the function of compensating for climatic risks have been developed. The function of compensating for climate risks involves the implementation of a set of tools implemented on the basis of irrigation and drainage technologies and using improved designs of irrigation and drainage systems that allow leveling the effect of extreme (peak manifestations) of meteorological factors that go beyond the adaptive capacity of cultivated crops. The degree of generality of the formulations should be such as not to impose unnecessary restrictions from excessive specificity, detailing of the product being created. On the other hand, the "principles" quite clearly define the direction within which the development of technical systems, the creation of new designs and technologies are supposed. In general terms, the "principles" define the object of influence, the purpose of developing new tools and technologies to protect crops from climate risks, methods, restrictions and technologies, which together outline the vector for improving the designs of irrigation and drainage systems and irrigation technologies, taking into account their biospheric "usefulness". Research has formulated seven such principles that not only determine the general direction of improving the designs of irrigation and drainage systems, but also focus on the need to endow technologies with biospheric functions.

Key words: *melioration, irrigation and drainage systems, biosphere-ecological substantiation, principles, protection from climate risks*

Citation. Lytov M.N. Biosphere-ecological principles of creating of hydromeliorative systems with the function of compensating climatic risks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 533-542 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-60.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.67:581.55

БИОСФЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ФУНКЦИЕЙ КОМПЕНСАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.06.2022

Дата принятия к печати 03.08.2022

Актуальность. Актуальность исследования определяется необходимостью принятия системных мер для решения глобальных экологических вызовов, с которыми уже столкнулось и может в обозримом будущем столкнуться человечество. Одним из таких системных подходов решения проблемы является метод биосферно-экологического обоснования, без исключения, всех родов деятельности человека. В агро сфере особенно актуально с биосферно-экологических позиций обосновать мелиоративные технологии. В рамках этой общей работы целью настоящего исследования является разработка биосферно-экологических принципов создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. **Объект.** Объектом исследований являются-

ся гидромелиоративные системы и технологии с расширенным функционалом по защите сельскохозяйственных посевов от климатических рисков. **Материалы и методы.** Основным методологическим подходом исследований стали изучение и оценка путей совершенствования, а также создания новых конструкций гидромелиоративных систем и технологий через призму концепции биосферы, в основе которой целостное видение явлений природы. При этом технологическая функция мелиораций не должна противопоставляться естественным биосферным процессам. На данном этапе исследования ограничены разработкой системы биосферно-экологических принципов создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. **Результаты и выводы.** Разработаны биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. Функция компенсации климатических рисков предполагает реализацию совокупности инструментов, реализованных на основе гидромелиоративных технологий и с использованием усовершенствованных конструкций гидромелиоративных систем, позволяющих нивелировать действие экстремальных (пиковых проявлений) метеорологических факторов, выходящих за пределы адаптационной способности возделываемых сельскохозяйственных культур. Степень общности формулировок должна быть такой, чтобы не накладывать излишние ограничения от чрезмерной конкретики, детализации создаваемого продукта. С другой стороны, «принципы» достаточно ясно определяют то направление, в рамках которого предполагается развитие технических систем, создание новых конструкций и технологий. В общих чертах «принципы» определяют объект воздействия, цель разработки новых инструментов и технологий по защите посевов от климатических рисков, методы, ограничения и технологии, в совокупности прорисовывающие вектор совершенствования конструкций гидромелиоративных систем и гидромелиоративных технологий с учетом их биосферной «полезности». Исследованиями сформулированы семь таких принципов, которые не только определяют общее направление совершенствования конструкций гидромелиоративных систем, но и акцентируют внимание на необходимости наделения технологий биосферными функциями.

Ключевые слова: мелиорация, гидромелиоративные системы, биосферно-экологическое обоснование, климатические риски.

Цитирование. Лытов М. Н. Биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 533-542. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-60.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Биосферно-экологическое видение развития цивилизаций часто противопоставляется техногенезу, и, хотя такое положение вряд ли оправдано, эти подходы действительно кардинально различаются по ключевым аспектам [3, 8]. В соответствии с техногенным подходом технология является главным звеном, которое может решить все проблемы существования и развития человека, его взаимоотношения с природой, обеспечить экологическую безопасность. Экологические проблемы в соответствии с этим подходом объясняются лишь временным несбалансированным использованием технологий, которые можно преодолеть путем совершенствования этих технологий, выработки сбалансированной техносистемы [10, 15]. Современные подходы в природоохранной деятельности в плане нормирования качества окружающей среды, формирования системы локальных очисток в наибольшей мере согласуются как раз с такой техногенной парадигмой развития цивилизации.

Биосферно-экологический подход опирается на сохранение естественной природной среды (в идеале или в допороговом ее состоянии как допустимый вариант), как единственно возможного биотического регулятора, который обеспечивает сохранение

устойчивости окружающей среды [4, 5, 11, 13, 14]. Это направление получило глубокое теоретическое обоснование, в значительной мере выявлены и описаны механизмы биотической регуляции и сохранения устойчивости окружающей среды. Применительно к аграрной сфере в целом можно согласиться с мнением, что техноценозы должны быть максимально приближены к естественной среде, наделены биосферным функционалом. Но это в большей мере адаптивный подход, при котором часто страдает продуктивность агроценозов. Биосферно-экологический подход предполагает встраивание техносферы в естественные природные круговороты. Но для сохранения устойчивости важно, чтобы совпадали не только круговороты, но и их интенсивность, так как она тоже ограничена какими-то допустимыми пределами.

Еще один известный принцип биосферно-экологического земледелия предполагает чередование естественных биогеоценозов и техногенных агроценозов [6, 7]. При таком подходе интенсивное сельское хозяйство не исключается, в принципе оно возможно, но круговороты должны быть локализованы в пределах агроценоза, не оказывая диффузного влияния на окружающую среду.

Современная мелиорация, современные мелиоративные технологии носят в высшей степени техногенный характер [12]. Это интенсивные, высокопродуктивные системы с ярко выраженной инженерной составляющей. Трудно представить себе более техногенное направление развития земледелия. Тем не менее сейчас проблема ставится именно так, делается уникальная попытка создания биосферно-экологической концепции обоснования мелиораций. А это означает разработку если не «дорожной карты», то как минимум общего понимания возможности и подходов к созданию определенно техногенных мелиоративных комплексов, наделенных биосферными функциями, органично встраиваемых и сосуществующих с нетрансформированными природными объектами, естественной окружающей средой. Целью наших исследований в рамках этой общей работы является разработка биосферно-экологических принципов создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков.

Материалы и методы. Целью исследований определена разработка биосферно-экологических принципов в отношении создания гидромелиоративных технических систем с функцией компенсации климатических рисков. Последнее очерчивает границы наших исследований в отношении применения биосферно-экологических принципов и определяет новое направление развития ГМС в отношении защиты орошаемых посевов от климатических рисков. Определимся с понятием «климатические риски» по крайней мере в том смысле, который мы в него вкладываем. Климатические факторы во всех регионах России, а особенно в условиях резко-континентального климата Юга России имеют более широкий диапазон варьирования, чем тот, который может быть компенсирован за счет подключения адаптационных механизмов растений [1, 2, 9]. Достаточно продолжительное действие климатического фактора, выходящего за пределы адаптационного потенциала растений, может привести к необратимым повреждениям или полной их гибели. Такие экстремальные проявления метеорологических условий характеризуют климатические риски возделывания сельскохозяйственных культур. В целом задачи регулирования оптимального гидротермического режима агрофитоценоза и компенсации климатических рисков сходны. И в том и в другом случае требуется смещение климатических факторов в сторону оптимума. Это позволяет предположить возможность использования гидротехнических мелиораций в качестве инструмента для защиты растений от действия экстремально неблагоприятных климатических факторов. Однако есть и существенные различия. Во-первых, если раньше речь шла о регулировании гидротермического режима агрофитоценоза, то проявление климатических рис-

ков имеет более разнообразную природу. Во-вторых, для компенсации климатических рисков, по-видимому, требуются иные объем и характер воздействия. Кроме того, компенсация действия климатического фактора на этом уровне должна быть непрерывной, иначе растения все равно погибнут. И, наконец, в-третьих, потребность в компенсации климатических рисков носит эпизодический и относительно кратковременный характер. Все остальное время потребность в этой функции отсутствует.

Наряду с новым направлением технико-технологического развития ГМС, ставится задача поиска подходов биосферно-экологического обоснования новых технологий и их технического инструментария, наделения их биосферными функциями и определения тех границ, в которых должны быть реализованы те инструменты, с помощью которых предполагается компенсировать климатические риски. В совокупности эти задачи требуют качественно иной постановки вопроса относительно конструкции и функциональных возможностей гидромелиоративной системы, используемой, в том числе и для компенсации климатических рисков. На данном этапе исследования ограничены разработкой системы биосферно-экологических принципов создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков.

Результаты и обсуждение. Разработка системы принципов предполагает формирование первоосновных общностей, формулирование их в форме постулатов, утверждений, которые определяли бы принципиальные направления и границы допустимого при создании гидромелиоративных систем с новым набором инструментов по компенсации климатических рисков. Степень общности формулировок должна быть такой, чтобы не накладывать излишние ограничения от чрезмерной конкретики, детализации создаваемого продукта. С другой стороны, должно быть достаточно ясно представлено то направление, в рамках которого предполагается развитие технических систем, создание новых конструкций и технологий. В общих чертах «принципы» должны определять объект воздействия, должна быть понятна цель разработки новых инструментов и технологий по защите посевов от климатических рисков, должны решаться задачи выбора метода, установления ограничений, выбора технологий. С учетом этого, а также исходя из общего понимания концепции биосферно-экологического земледелия, тех задач, которые должны быть решены созданием новых конструкций ГМС с расширенным функционалом по защите от климатических рисков, были сформулированы следующие принципы:

1. Определение объекта воздействия: принцип использования гидромелиораций (известных и производных гидромелиоративных технологий) для компенсации экстремальных проявлений климата, выходящих за пределы адаптационного потенциала возделываемых сельскохозяйственных культур (климатических рисков), в границах агро-биоценоза.

Формулировка данного принципа предполагает комплексное использование физических и физиологических эффектов гидромелиораций для компенсации пиковых, экстремальных проявлений климата. При этом водный режим почвы как фактор риска не рассматривается, так как априори предполагается его регулирование, и это основная технологическая функция гидромелиоративной системы. Совершенствование конструкции ГМС должно обеспечить комплексную возможность компенсации прочих неблагоприятных проявлений климата, интенсивность которых выше адаптационного потенциала сельскохозяйственных растений. Такие климатические условия, даже при краткосрочном воздействии, могут вызывать значительные выпады в посевах, снижать общий потенциал продуктивности, причем затраты на гидромелиорацию при этом никак не сокращаются. Предполагается, что компенсация неблагоприятных экстремальных проявлений климата, выходящих за пределы адаптационных возможностей сель-

скохозийственных культур, будет проводиться в среде растений, то есть в объеме атмосферы, занимаемом вегетативной частью растений и совокупном объеме почвогрунта, освоенном их корневой системой. Таким образом, объектом регулирования (воздействия, компенсации) является микроклимат и некоторые другие производные климата в границах агробиоценоза, а инструментом регулирования полагаются гидромелиорации.

2. Определение цели: принцип достижения максимального целевого эффекта гидромелиораций на уровне агробиоценоза при сохранении (или снижении) уровня общей антропогенной нагрузки и минимизации (исключении) побочных (неконтролируемых, негативных) эффектов.

Собственно, этот посыл и положен в основу идеи создания ГМС с функцией компенсации климатических рисков. Действительно, ГМС можно без сомнения отнести к классу «тяжелых» в плане масштабов и уровня преобразования природной среды, антропогенных нагрузок технических систем. Такие системы по определению предполагают фундаментальные изменения природной среды («коренное улучшение»), наделяют природные объекты совокупностью определенных, искусственным путем созданных функций и связей, не реализованных в естественной среде. Создание или усиление таких функций само по себе не является безусловным «злом», напротив, предполагает улучшение условий окружающей среды в первую очередь в плане повышения биопродуктивности агробиоценозов, активизации почвообразовательных процессов. Но вместе с тем гидромелиорации являются и мощным фактором антропогенного преобразования природы, фактором, который смещает параметры естественной биотической регуляции среды как минимум на локальном или региональном уровне. Кроме того, создание ГМС – это очень ресурсоемкий процесс, это масштабы, это вложения капитала и вовлечение различного рода материальных ресурсов, это колоссальный труд, потребление энергии и т.д. Поэтому крайне важно, чтобы были найдены и всесторонне обоснованы такие гидромелиоративные технологии, которые не снижали бы, а напротив, обеспечивали повышение эффективности биотической регуляции и устойчивое развитие биосферы. Также не менее важно максимизировать целевые эффекты гидромелиораций, чтобы гарантированно получать запланированный «отклик» и иметь возможность нормирования масштабов освоения таких технологий.

Идея использования гидротехнических мелиораций как несущей технологии для комплексного регулирования факторов жизни растений не нова. Примером этого являются получившие широкое распространение технологии фертигации, обеспечивающие возможность внесения удобрений, пестицидов или мелиорантов с поливной водой. Известны решения, направленные на реализацию возможности регулирования микроклимата в среде посева. Комплексное расширение возможностей ГМС в плане компенсации климатических рисков, рассматриваемых как пиковые отклонения метеорологических факторов за пределами адаптационных возможностей возделываемых сельскохозяйственных культур, позволит предотвратить непрогнозируемые потери урожая и, соответственно, обеспечит повышение общего уровня эффективности мелиораций.

3. Выбор метода: принцип использования единой технической системы для осуществления основной технологической функции и реализации дополнительных инструментов, обеспечивающих компенсацию климатических рисков.

Данный принцип предполагает реализацию надстраиваемого функционала ГМС по компенсации губительного действия климатических рисков при возделывании сельскохозяйственных культур на основе единого сбалансированного конструктивного решения. Все функциональные элементы системы должны быть оптимизированы с учетом совместного использования, с точки зрения работы как единого целого. Не допу-

стимым является дублирование функциональных узлов или существенная дифференциация нагрузок при осуществлении различных режимов работы системы. Основопологающим положением при формулировании настоящего принципа являлась общая направленность на предотвращение чрезмерного разрастания технической компоненты мелиорированных земель, сохранение базового уровня ресурсоемкости и антропогенных нагрузок, связанных со встраиванием технической системы в природную среду.

4. Установление ограничений: принцип одного направления и неперевышения допустимого уровня воздействия на природные круговороты на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Принцип одного направления (совпадения направлений) для технологически инициированных и природных потоков вещества и воды в рамках локальных и глобальных круговоротов определяется стремлением к созданию природоподобных систем как условия органичного сосуществования. Однако одного этого мало, необходимо нормировать и интенсивность воздействия, чтобы не нарушить равновесие системы, сохранить ее устойчивость и потенциал развития. Природные системы отнюдь не являются статичными, они динамические, и те же природные круговороты не остаются постоянными, а непрерывно меняются. Диапазон этих изменений определяет устойчивость системы, апробированную самой природой. Вполне вероятно, что система имеет и дополнительный «запас прочности», в рамках которого можно интенсифицировать естественные природные круговороты. Сама сущность мелиорации предполагает интенсификацию «малого» биологического круговорота. Однако следует учитывать, что антропогенное воздействие проявляется лишь на каком-то участке круговорота, процессы которого намного сложнее и многообразнее, чем мы можем себе представить. Воздействуя на этом локальном участке, мы интенсифицируем в первую очередь эти локальные процессы. При этом не факт, что интенсивность круговорота на других участках при этом изменится или изменится пропорционально. В результате возможно образование заторов, скоплений, концентраций, которые на определенных участках круговорота могут спровоцировать неприемлемые ответвления и нарушить устойчивость системы в целом. Положения по воздействию на природные круговороты являются одними из наиболее фундаментальных положений в мелиорации, и вместе с тем это до сих пор один из самых неоднозначных моментов в мелиоративной науке. Круговороты вообще как элемент замкнутой системы в определенной мере можно рассматривать только при определенных масштабах с достаточной уверенностью в планетарном масштабе. Круговороты не имеют каких-либо абсолютно жестких связей, это совсем не похоже на обруч, который можно раскрутить, взявшись лишь за один из участков. Но все это лишь основание для более внимательного отношения к проблеме.

5. Установление ограничений: принцип необходимости регионального и локального обоснования минимального достаточного набора инструментов ГМС для компенсации климатических рисков.

При формулировании настоящего принципа мы исходили из того, что техническая система, которая используется для реализации основного технологического процесса, гидромелиораций и компенсации губительного действия климатических рисков, конструктивно усложняется пропорционально совокупному набору возложенных на нее функций. Принцип использования единой технической системы не отрицает возможности изменения конструкций системы, и хотя предполагается общая направленность на разработку сбалансированных решений, без дублирующих или функционально избыточных узлов, совокупный тренд на усложнение конструкции с увеличением набора инструментов для компенсации климатических рисков допускается и предполагается вероятным. Число ин-

струментов ГМС для компенсации климатических рисков в общем случае предполагается пропорциональным количеству дифференцированных проявлений губительного влияния климатических экстремумов на возделываемые виды сельскохозяйственных культур. В этом плане необходимо иметь четкие, обоснованные ориентиры в плане того, какие климатические риски вероятны для данного региона. Характер и экстремальные проявления климата, их особенности, вероятность, повторяемость являются важными показателями, анализ которых позволяет оценить вероятность климатических рисков. Превышение определенного порогового уровня вероятности проявления климатического риска является основанием для включения его в список угроз, которые необходимо компенсировать. Соответственно этому подбирается инструмент, реализуемый посредством гидромелиоративных технологий и способный компенсировать пагубное влияние климатического фактора. Также необходимо учитывать, что климатические риски могут формулироваться только и исключительно относительно видов сельскохозяйственных культур. Это обстоятельство определяется разным адаптационным потенциалом различных видов сельскохозяйственных культур, который, помимо этого, может еще существенно меняться и по фазам онтогенеза. Совокупности возделываемых сельскохозяйственных культур на локальном уровне также должны учитываться при обосновании минимального достаточного набора инструментов ГМС для компенсации климатических рисков.

6. Выбор технологии: принцип формирования инструментов компенсации климатических рисков на основе специфично-эффективных технологий гидромелиорации.

Формулировка принципа в данном контексте исходит из того, что климатический фактор, который на определенном отрезке экстремума сопряжен с риском гибели сельскохозяйственных растений (климатический риск) может быть компенсирован посредством применения гидромелиоративной технологии, но среди всего разнообразия гидромелиоративных технологий должна использоваться такая, которая максимально эффективно решает поставленную задачу. То есть инструмент, являющийся по сути какой-либо гидромелиоративной технологией, должен быть заведомо эффективней других инструментов (гидромелиоративных технологий) в отношении специфики климатического риска, наиболее результативно и с наименьшими затратами компенсировать его губительное действие на возделываемые сельскохозяйственные культуры. Учитывая, что номенклатура климатических рисков достаточно широка, а их природа разнообразна, следует предположить, что для компенсации губительного действия климатических рисков потребуется использование различных инструментов (различных гидромелиоративных технологий). То есть предполагается, что в процессе выращивания сельскохозяйственных культур в связи с реализацией тех или иных климатических рисков техническая система должна обеспечивать возможность трансформации не только параметров гидромелиоративного режима, но и самой технологии гидромелиорации. Рассматривая подобную задачу применительно к оросительным мелиорациям, необходимо отметить, что возможность изменения, в рамках производственного процесса, технологии гидромелиорации, обеспечивается техническими системами комбинированного орошения. Опыт их применения, оценка потенциальных возможностей и подвели нас к идее о возможности комплексного использования гидромелиораций, в том числе и для компенсации экстремально неблагоприятных проявлений климата.

7. Выбор технологии: принцип необходимости локального обоснования выбора несущей гидромелиоративной технологии ГМС с расширенным функционалом по компенсации климатических рисков.

Учитывая необходимость использования различных гидромелиоративных технологий, их совокупности, в качестве инструмента для компенсации регионального (локального) набора климатических рисков, следует особым образом выделить ту

гидромелиоративную технологию, которая будет использована для осуществления основной функции – регулирования водного режима почвы. Необходимо учитывать специфику применения инструментов для компенсации климатических рисков, которые возникают не всегда, их набор в течение производственного цикла носит случайный характер и в значительной мере видоспецифичен, то есть зависит от биологических особенностей (адаптационных возможностей) возделываемой культуры. Кроме того, компенсация губительного действия климатического риска связана с необходимостью непродолжительного (относительно основной функции – регулирования водного режима почвы) воздействия, в то время как остальное время инструмент не используется. Таким образом, изменение антропогенных нагрузок и интенсивности естественных круговоротов связано преимущественно с использованием гидромелиоративной технологии, направленной на регулирование водного режима почвы (мелиорация земель). А потому выбор такой несущей гидромелиоративной технологии особенно важен и должен быть всесторонне обоснован на региональном и локальном уровнях. Также необходимо учитывать, что с выбором несущей гидромелиоративной технологии самым тесным образом связана и конфигурация технической системы.

Выводы. Сформулированы биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. Функция компенсации климатических рисков предполагает реализацию совокупности инструментов, реализованных на основе гидромелиоративных технологий и с использованием усовершенствованных конструкций гидромелиоративных систем, позволяющих нивелировать действие экстремальных (пиковых проявлений) метеорологических факторов, выходящих за пределы адаптационной способности возделываемых сельскохозяйственных культур. Система биосферно-экологических принципов определяет объект, цели, методы, ограничения и технологии, в совокупности прорисовывающие вектор совершенствования конструкций гидромелиоративных систем и гидромелиоративных технологий с учетом их биосферной «полезности». Исследованиями сформулированы семь принципов, которые не только определяют общее направление совершенствования конструкций гидромелиоративных систем, но и акцентируют внимание на необходимости наделения технологий биосферными функциями. При определённом уровне консолидации такие технологии не должны вступать в противоречие с естественными регуляторами биосферы, но работать с ними в согласии, прибавляя резерв устойчивости экологических систем.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реализации конструктивных решений гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 306-324.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 307-319.
3. Демиденко Э. С., Дергачева Е. А. Глобальная гибель биосферы и поиск путей сохранения биосферной жизни // Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика. 2021. № 2. С. 3-19.
4. Забалуева А. И., Милешко Л. П., Попова О. В. Обеспечение глобальной экологической безопасности как условие устойчивого развития биосферы // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 5 (63). С. 286-289.
5. Казанкин А. П. Роль растительности в регулировании некоторых экологических процессов в биосфере // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2004. № 6. С. 58-66.

6. Кушнарев А. С., Артёмов Н. П. Биосферные основы повышения продуктивности земледелия // Инженерия природопользования. 2015. № 1 (3). С. 16-22.
7. Овсянников Ю. А. Производство полноценных продуктов питания на основе эколого-биосферного земледелия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 12-2 (167). С. 8-11.
8. Попкова Н. В. Оценка взаимосвязи техносферы и ноосферы // Успехи современного естествознания. 2007. № 9. С. 22-24.
9. Сарайкин В. А. Методика расчета рисков отклонений температур и осадков от климатических норм при планировании выращивания сельскохозяйственных культур // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 11. С. 29-35.
10. Construction and optimization of ecological security patterns based on social equity perspective: a case study in Wuhan, China / X. Cui, W. Deng, J. Yang, W. Huang, W. T. de Vries // Ecological Indicators. 2022. V. 136. P. 133-137.
11. How close are we to the temperature tipping point of the terrestrial biosphere? / K. A. Duffy, C. R. Schwalm, G. W. Koch, V. L. Arcus, L. L. Liang, L. A. Schipper // Science Advances. 2021. V. 7. No 3. P. eaay1052.
12. Kireycheva L. V. Evaluation of efficiency of land reclamation in Russia // Journal of Agriculture and Environment. 2018. № 3 (7). P. 1-6.
13. Nelson M., Dempster W. F., Allen J. P. The water cycle in closed ecological systems: perspectives from the biosphere and laboratory biosphere systems // Advances in Space Research. 2009. V. 44. No 12. P. 1404-1412.
14. Particulate organic carbon exports from the terrestrial biosphere controlled by erosion / X. Luo, X. Bai, C. Ran, H. Chen, H. Xi, F. Chen, L. Wu, C. Li, S. Zhang, Q. Tan, X. Zhong, S. Tian // Catena. 2022. V. 209. No 105815.
15. Surface and groundwater pollution as a result of the technogenic impact / N. D. Razinkov, T. V. Ovchinnikova, A. V. Kalach, V. M. Smolyaninov, E. Z. Arifullin, A. O. Nekrasova // Earth sciences. 2022. V. 11. No 1. P. 1-5.

Информация об авторе:

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник, и.о. директора Волгоградского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-61

INFLUENCE OF ARTIFICIAL HIGH MOLECULAR POLYMERS ON SOIL AND GROWTH PROCESSES OF TOMATOES

A. V. Mayer

Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

Received 17.06.2022

Submitted 10.08.2022

Summary

The above article presents the use of a high molecular weight polymer as a chemical ameliorant. Empirically proved the expediency of introducing an ameliorant into the cultivated soil, in order to increase its structure. The technical characteristics of the high-molecular polymer helps to improve the development and growth of tomato plants, both on the leaf surface and on fruit formation.

Abstract

Introduction. The study of soil-forming processes and macrostructures occupies a special place not only in soil physics and soil science in general, but also in agriculture. **Object.** The objects of research are technologies and technical means aimed at increasing the aeration of the soil, creating conditions for increasing the water storage and microbiological capacity of soils; complex regulation of the nutri-

tional regime of the soil, both in terms of basic nutrients and microelements. The technology of growing tomatoes on drip irrigation with the use of a chemmeliorant to improve the structure of the soil, its effect on the growth and development of plants. **Materials and methods.** Many aspects of the soil macrostructure are still debatable and require further experimental and theoretical study. For their presentation, there are quite enough objective materials. The objects of research are technologies and technical means aimed at increasing the aeration of the soil, creating conditions for increasing the water-accumulating and microbiological capacity of soils; complex regulation of the nutritional regime of the soil, both in terms of basic nutrients and microelements. First, we consider the phenomena associated with the formation of soil macrostructure, we find out the forces that cause the emergence of formations larger than microaggregates. It is very important to have objective and sufficiently accurate methods for studying and measuring the structure of the soil and the processes of its formation. Of great importance in the study of soil structure is the dependence of the physical and physicochemical conditions in the soil on the nature of the soil structure. Enormous material has already been accumulated, allowing us to draw quite definite conclusions. **Results and conclusions.** The main questions are devoted to the theory and practice of creating, destroying and restoring the soil structure. It is in this area that the most tangible results have been achieved over the past decades. In our case, the best result when cultivating tomatoes on drip irrigation was achieved in the variant with the largest amount of chemical ameliorant added to the soil, that is, we add twenty parts of a high-molecular polymer per 100 parts of soil. The introduction of high-molecular polymers into the soil will serve to improve the structure of the soil. If the inner part of a mineral soil particle can be considered as a typical crystal, then the surface layers of molecules or ions are in close interaction with water molecules and acquire a peculiar structure, reminiscent of the nature of a material swelling in water. A similar thing happens with a high-molecular-weight polymer introduced into the soil.

Key words: soil, drip irrigation, high molecular weight polymer, tomatoes, photosynthesis, technological process, soil division into aggregates.

Citation. Mayer A.V. Influence of artificial high-molecular polymers on the soil and growth processes of tomatoes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 542-549 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-61.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflicts of interest.

УДК 631.4:635.64

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ПОЧВУ И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ТОМАТОВ

А. В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 17.06.2022

Дата принятия к печати 10.08.2022

Актуальность. Учение о почвообразовательных процессах и макроструктурах занимает особое место в физике почв, почвоведении, земледелии. **Объектом исследования** являются технологии и технические средства, направленные на повышение аэрированности почвы, создание условий повышения водоаккумулирующей и микробиологической способности почв; комплексного регулирования пищевого режима почвы как по основным элементам питания, так и по микроэлементам. Технология возделывания томатов на капельном орошении с применением химмелиоранта для улучшения структуры почвы, его воздействие на рост и развитие растений. **Материалы и методы.** Многие стороны почвенной макроструктуры до настоящего времени остаются дискуссионными и требуют дальнейшего экспериментального и теоретического изучения. Для их изложения имеется вполне достаточное количество объективных мате-

риалов. Прежде мы рассматриваем явления, связанные с образованием почвенной макроструктуры, выясняем силы, обуславливающие возникновение образований более крупных, чем микроагрегаты. Очень важно располагать объективными и достаточно точными методами изучения и измерения структуры почвы и процессов ее образования. Важнейшее значение в учении о почвенной структуре имеет зависимость физических и физико-химических условий в почве, и характер почвенной структуры. Уже накоплен колоссальный материал, позволяющий сделать вполне определенные выводы. **Результаты и выводы.** Главными являются вопросы, посвященные теории и практике создания, разрушения и восстановления почвенной структуры. Именно в этой области за последние десять лет были достигнуты наиболее ощутимые результаты. В нашем случае лучший результат при возделывании томатов на капельном орошении был достигнут на варианте с внесением в почву большего количества химвелиоранта, то есть на 100 частей почвы вносим двадцать частей высокомолекулярного полимера. Внесение в почву высокомолекулярных полимеров послужит совершенствованию структуры почвы. Если внутренняя часть минеральной частицы почвы, может рассматриваться как типичный кристалл, то поверхностные слои молекул или ионов находятся в тесном взаимодействии с молекулами воды и приобретают своеобразную структуру, напоминающую характер набухающего в воде материала. Подобное происходит и с внесенным в почву высокомолекулярным полимером.

Ключевые слова: *капельное орошение томатов, высокомолекулярные полимеры, томаты, фотосинтез, расчленение почвы на агрегаты.*

Цитирование. Майер А. В. Влияние искусственных высокомолекулярных полимеров на почву и ростовые процессы томатов. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 542-549. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-61.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Регион Нижнего Поволжья характеризуется засушливым климатом и принадлежит к зоне рискованного земледелия. В настоящее время все большее распространение в Волгоградской области получило капельное орошение [2, 5, 7, 15]. В условиях орошаемого земледелия последствия многократно используемой сельскохозяйственной техники, приводящие к формированию уплотненного аллювиального горизонта, способствуют в значительной мере снижению плодородия почв, а зачастую приводят к их деградации. Наличие уплотненных аллювиальных горизонтов негативно отражается на развитии культурных растений, так как при этом создаются условия, ограничивающие корнеобитаемый слой с сопровождением ухудшения водного, воздушного, теплового и пищевого режимов на всех типах почв, поэтому формирование мощной корневой системы культурных растений на почвах с плохими агрофизическими свойствами невозможно без комплекса мелиоративных приемов, направленных на структурообразование и рыхление почвы. Для оструктурирования почв, отводимых под пашню, целесообразны не только механические обработки, но и биологическое рыхление [4, 6, 8].

В настоящее время необходима разработка новых способов создания и сохранения агрономической ценной структуры почвы, применение существующих технологических приемов на уплотненных почвах. При обработке почвы необходимо создание такого строения корнеобитаемого слоя, при котором обеспечивались бы наилучшие условия для накопления и сохранения влаги, увеличения количества доступных питательных веществ в ней и развития вегетативных процессов возделываемых растений [1, 9, 10].

В разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия представляет особый интерес и такое свойство растений, как пластичность их корневой системы, очень четко реагирующей на изменение физических и химических свойств почвенного профиля.

Путем обработки и увлажнения почвы можно влиять на характер развития корней и учитывать эти положительные свойства при разработке мелиоративных мероприятий, направленных на повышение плодородия земель [5, 13].

Поэтому научное и экспериментальное обоснование процессов повышения плодородия орошаемых земель на основе механического, биологического и химического воздействия на почвы для снижения их плотности приобретает особую актуальность.

Целью исследований явилась разработка комплексов химической и биологической мелиорации почв для различных климатических зон и средства для их реализации, влияние искусственного полимера на чистую продуктивность фотосинтеза.

Материалы и методы. Самыми главными вопросами являются исследования, посвящённые теории и практике создания, разрушения и восстановления почвенной структуры. Именно здесь происходит наиболее тесное сочленение физики почв, и в частности учение о почвенной структуре с земледелием и растениеводством. Для восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности мелиорируемых земель необходимо проведение цикла работ по глубокой обработке почв, промывки орошаемых земель от засоления, применение различных видов химмелиорантов. Надо иметь в виду и то, что орошение почвы нарушает естественную изотермию почвенного покрова в данных конкретных условиях [11, 14]. Особо остро встает проблема в связи с тем, что количество пахотных природных земель ограничено, и во вспашку вовлекаются земли, ранее считавшиеся непригодными. Они часто обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами и сложным рельефом, что обуславливает борьбу с ирригационной эрозией почв. Применение искусственных высокомолекулярных полимеров представляет одну из возможностей повышения плодородия земель путем создания субстратов из почвы и искусственных материалов. Химически измененные природные материалы или синтетические продукты позволяют эффективно изменять водно-физические и химические свойства почвы [10, 12].

Специалистами под руководством Л. Д. Нагорного было создано вспененное удобрение посредством искусственных полимеров, основой которых является поропласт. Вспененное удобрение функционально может использоваться как сорбент, биостимулятор и как комплексное удобрение с содержанием азота – до 34,2 %, фосфора – до 0,41 %, калия – 0,0018 %, магния – 0,005 %. В состав удобрительного полимера могут включаться различные поверхностно активные вещества, микробиологические и органические добавки и штаммы. Дополнительно удобрение может содержать микроэлементы: бор, железо, марганец, медь, молибден и др.

Результаты и выводы. Исследования по разработке технологии применения химмелиоранта ведутся с 2008 года и продолжены в 2020 году в Волгоградской области в ИП «Шишлянникова М. В.» Дубовского района на посевах овощной культуры гибрида томата «Санрайз F».

Почвы опытного участка светло-каштановые, содержание гумуса в пахотном слое – 1,5-1,7 %, сумма поглощенных оснований составляет 24,69 мг/экв. на 100 г. Плотность почвы сложения в слое 0,60 м – 1,38 г/см³, наименьшая влагоемкость – 21,3 %, обеспеченность азотом – низкая, подвижным фосфором – средняя, обменным калием – высокая.

Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН – 7,5), близкая к нейтральной.

Схема опытов предусматривает выполнение следующих вариантов внесения мелиоранта:

- вариант 1 – на 100 частей почвы – 20 частей мелиоранта;
- вариант 2 – на 100 частей почвы – 10 частей мелиоранта;
- вариант 3 – на 100 частей почвы – 6 частей мелиоранта;
- вариант 4 – контроль – без внесения мелиоранта.

Поливы осуществлялись системой капельного орошения. Для наглядности опыта представлены фотографии с внесением искусственного молекулярного полимера (рисунок 1).

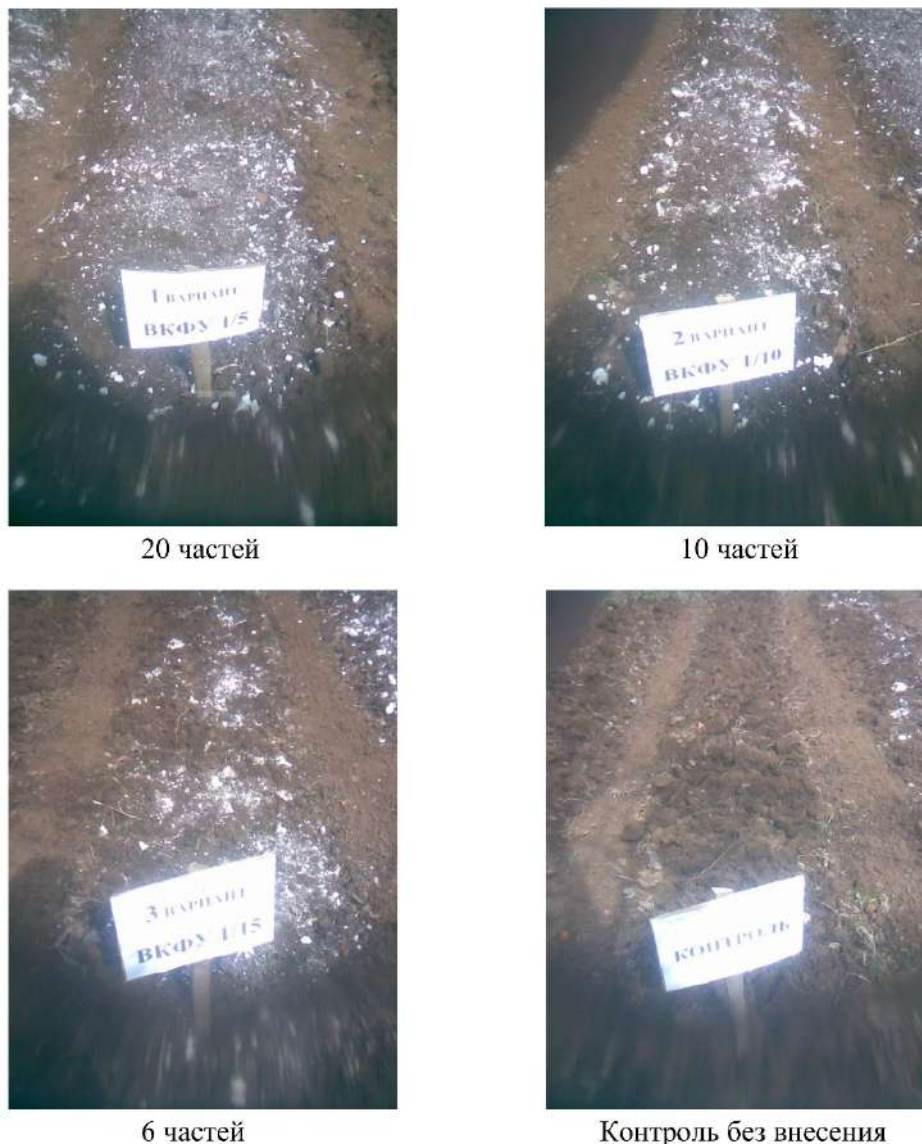


Рисунок 1 – Внесение мелиоранта по вариантам опыта

Figure 1 – Introduction of the ameliorant according to the variants of the experiment

Известно, что для большинства сортов и гибридов томата наиболее интенсивное нарастание листовой поверхности отмечается после образования соцветий [7]. Данный процесс начинает снижаться в период прохождения растением фазы молочной спелости. С началом созревания плодов площадь листьев начинает постепенно уменьшаться и к началу уборки урожая снижается в среднем на 40 % от максимальных значений, что было подтверждено и нашими опытами.

Фактором, во многом определяющим продуктивность растений, является интенсивность формирования листового аппарата и продолжительность его активной жизнедеятельности. В результате фотосинтетической деятельности листовой поверхности образуется 90-95 % сухой биомассы урожая и аккумулируется 100 % энергии солнеч-

ной радиации. Поэтому всестороннее изучение динамики фотосинтетической деятельности растений должно лежать в основе всех мероприятий по повышению функционирования сельскохозяйственных культур как биологической экосистемы. Нашими исследованиями ставилась задача установить динамику показателей фотосинтетической деятельности томатов при различных вариантах сочетания регулируемых факторов, направленных на получение урожайности.

В проведенных нами исследованиях абсолютные величины максимальной площади листовой поверхности наблюдались в фазе плодообразования. На описываемых вариантах их значения колебались от 36,8 до 48,2 тыс. м²/га. С началом созревания плодов площадь листьев постепенно уменьшалась до показателей 17,3-32,3 тыс. м²/га в зависимости от исследуемого варианта. Определенные данные по нарастанию листовой поверхности за период 2018...2020 гг. (таблица 1) наглядно демонстрируют влияние различных доз внесения химмелиоранта на влияние площади листьев. Процесс реализации потенциальной продуктивности растений зависит не только от формирования величины листовой поверхности, но и от результатов работы листьев, которая оценивается таким показателем, как чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Таблица 1 – Динамика нарастания листовой поверхности томатов по вариантам опытов, тыс. м²/га, среднее за 2018-2020 гг.

Table 1 – Dynamics of growth of the leaf surface of tomatoes according to the variants of experiments, thousand m²/ha, average for 2018-2020

Вариант внесения химмелиоранта / Himmeliorent application option	Предполивная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture	Фенологические фазы / Phenological phases			
		цветение / bloom	плодообразование / fruiting	молочная спелость / milky ripeness	полная спелость / full ripeness
20 частей / parts	70-80-70	22,3	48,2	47,4	28,3
10 частей / parts		22,2	44,7	42,2	24,5
6 частей / parts		22,2	43,5	40,9	22,9
контроль / control		21,2	36,8	35,7	19,4

Анализ данных ЧПФ томатов (таблица 2) показывает, что она изменяется в течение роста и развития растений. ЧПФ быстро нарастает у молодых растений и достигает своих максимальных значений в первый межфазный период «посадка – цветение» с последующим снижением до самого окончания вегетации.

Таблица 2 – Чистая продуктивность фотосинтеза томатов, г/м³ в сутки, среднее за 2018-2020 гг.

Table 2 – Net productivity of tomato photosynthesis, g/m³ per day, average for 2018-2020

Вариант внесения химмелиоранта / Himmeliorent application option	Предполивная влажность, % НВ / Pre-irrigation soil moisture	Посадка-цветение / Planting-flowering	Цветение-плодообразование / Flowering-fruiting	Плодообразование-молочная спелость / Fruiting-milky ripeness	Молочная-полная спелость / Dairy-full ripeness
20 частей / parts	70-80-70	12,28	5,91	2,84	2,32
10 частей / parts		11,65	4,33	2,03	1,75
6 частей / parts		11,61	4,27	1,93	1,12
контроль / control		11,24	3,99	1,69	0,92

Исследования динамики чистой продуктивности фотосинтеза показали, что наилучшие условия для нее, как и для максимального нарастания листовой поверхности, были созданы на 1 варианте, сочетающем наиболее высокие показатели внесения

химмелиоранта. И что характерно, за время исследований максимальные значения ЧПФ в среднем за вегетацию ($4,64 \text{ г/м}^2$ в сутки) были получены в засушливые годы, следовательно, ЧПФ томатов активизируется в условиях мелиоративного субстрата и в засушливые годы при капельном орошении, на фоне повышенной солнечной инсоляции достигает своих максимальных значений.

Выводы. Результаты полученных исследований позволяют сделать вывод, что внесение высокомолекулярного модифицированного полимера (химмелиорант) показали наиболее высокие результаты на первом варианте, где пропорция химмелиоранта почве в процентном отношении составила 20 %. По отношению к контролю в годы исследований все варианты превысили свои показатели как в нарастании зеленой массы растений томатов, так и по показателям фотосинтеза. По вышеизложенному материалу можно сделать вывод, что внесение высокомолекулярного полимера способствует восстановлению плодородия почв, повышению фотосинтетического потенциала томатов. Для более глубокого анализа влияния мелиоранта на почву необходимо расширить и продолжить исследования.

Библиографический список

1. Варфоломеева Н. И. Влияние препарата Атланте на формирование урожая и продуктивность томата в центральной зоне Краснодарского края // Аграрная Россия. 2021. № 3. С. 11-15.
2. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. С. 159.
3. Гурбанова З. Р. Влияние искусственного структурообразователя иономера "во" на сопротивляемость орошаемых серо-коричневых почв, подверженных эрозии // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 2. С. 78-84.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природоустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. ИONOBA Л. П., СМашевский Н. Д. Влияние минерального питания на водный обмен, фотосинтез и урожайность томата в засушливой зоне Астраханской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (174). С. 5-11.
7. К вопросу оценки качества распределения поливной воды водовыпусками гибких поливных трубопроводов системы капельного орошения / В.В. Бородычев, А. М. Салдаев, Е. В. Шенцева, Ю. Д. Губаюк // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. Вып. 3. С. 39-45.
8. Лапушкин М. Ю. Рекультивация нарушенных земель как часть государственной экономической политики // Международный технико-экономический журнал. 2020. С. 32-38.
9. Максименко В. П. Повышение плодородия почв с использованием высокомолекулярных полимеров // Мелиорация и окружающая среда: сб. науч. тр. ВНИИГиМ. Москва, 2004. С. 28-33.
10. Нозадзе Л. Р. К вопросу повышения плодородия почв с помощью мелиорантов-структурообразователей // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1(33). С. 96-100.
11. Оразжанова Л. К. Структурирование почв в присутствии интерполимерного комплекса хитозан–полиакриловая кислота // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1498-1507.
12. Панова И. Г., Ильясов Л. О., Ярославов А. А. Поликомплексные рецептуры для защиты почв от деградации // Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2021. Т. 63. № 2. С. 232-244.
13. Смирнов А. А., Холманский А. С. Зависимость фотосинтеза пигментов и продуктивности томата от спектрального состава облучателя // Научная жизнь. 2017. № 10. С. 14-19.

14. Mussabayeva B. Kh., Kassymova Zh. S., Aldabergenova M. A. Interpolymer complex of biopolymers as a soil structure-forming agent // Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series. 2020. No 1 (97). P. 22-29.

15. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Информация об авторе.

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: orcid.org/1000-0002-0065-8916, тел: 89053378678, email: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-62

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF LOW TEMPERATURES ON THE PROCESS OF DESTRUCTION OF HAZELNUT SHELL

E. N. Neverov, I. B. Plotnikov, R. Yu. Skhaplok, N. V. Pasechnikov

Kemerovo State University, Kemerovo

Received 20.07.2022

Submitted 23.08.2022

The work was carried out within the framework of Agreement No. 075-15-2022-1195 dated 30.09.2022, concluded between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Federal State Budgetary educational institution of Higher Education «Kemerovo State University»

Summary

The article presents the results of the influence of temperature on the transition from the mixed to the brittle nature of the destruction of the hazelnut shell, determining the value of stresses causing the destruction of the shell at different temperatures, as well as determining the value of the temperature at which the transition from one type of destruction to another occurs.

Abstract

Introduction. The process of freezing hazelnuts with liquid nitrogen is accompanied by a decrease in the temperature of the nut shell and a change in its structural state that allows it to break down brittle or viscous. The lower it is, the higher the probability that the material will experience brittle fracture.

Object. The objects of the study are the nut of large-fruited forms of hazel, called hazelnuts. The study used nuts that do not have mechanical damage, mature. **Materials and methods.** To determine the ultimate strength for hazelnut shells at different temperatures, the method of testing materials under compression was used. Compression testing of materials was carried out on a universal hydraulic testing machine of the PM-MG4 brand. To determine the amount of deformation, a high-speed Evercam 1000-8-M camera was used. To identify the tendency of the material to brittle destruction, the samples were subjected to dynamic loading on a special installation – a pendulum - type copra. **Results and conclusions.** The results of the experiments showed that a decrease in the temperature of the nut shell leads to a transition from a mixed to a brittle nature of shell destruction at a temperature range of -40 ... -80 ° C. Lowering the temperature of the shell allows you to reduce its tensile strength by an average of 25-30%, depending on the size of the nut. The obtained results can be used in the development of new methods and technologies based on them for the collapse of hazelnuts. Also, the values of the strength limits of the nutshell can be used in the design and calculation of equipment for collapse.

Key words: food industry, hazelnuts, shell destruction, low temperatures.

Citation. Neverov E. N., Plotnikov I. B., Skhaplok R. Yu., Pasechnikov N. V. Investigation of the influence of low temperatures on the process of destruction of hazelnut shell. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 549-557 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-62.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР
НА ПРОЦЕСС РАЗРУШЕНИЯ СКОРЛУПЫ ФУНДУКА**

Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор
И. Б. Плотников, кандидат технических наук, доцент
Р. Ю. Схаплок, магистрант
Н. В. Пасечников, бакалавр

*ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет
г. Кемерово, Россия*

Дата поступления в редакцию 20.07.2022

Дата принятия к печати 23.08.2022

*Работа выполнена в рамках соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022,
заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации
и федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего
образования «Кемеровский государственный университет»*

Актуальность. Процесс замораживания ореха фундука с помощью жидкого азота сопровождается снижением температуры скорлупы ореха и изменением её структурного состояния, позволяющего разрушаться хрупко или вязко. Чем она ниже, тем выше вероятность того, что материал будет испытывать хрупкое разрушение. **Объект исследований.** Объектами исследования является орех крупноплодных форм лещины, называемый фундуком. В исследовании использовались орехи, не имеющие механических повреждений, зрелые. **Материал и методы.** Для определения предела прочности для скорлупы фундука при различных температурах использовался метод испытания материалов при сжатии. Испытания материалов при сжатии выполнялись на универсальной гидравлической испытательной машине марки ПМ–МГ4. Для определения величины деформации использовалась высокоскоростная камера Evercam 1000-8-M. Для выявления склонности материала к хрупкому разрушению образцы подвергали динамическому нагружению на специальной установке – копке маятникового типа. **Результаты и выводы.** Результаты проведенных экспериментов показали, что понижение температуры скорлупы ореха ведет к переходу от смешанного к хрупкому характеру разрушения скорлупы при температурном диапазоне -40...-80 °С. Понижение температуры скорлупы позволяет снизить её предел прочности в среднем на 25-30% в зависимости от размеров ореха. Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых способов и технологий, основанных на них, обрушивания орехов фундука. Также значения пределов прочности скорлупы орехов можно использовать при проектировании и расчете оборудования для обрушивания.

Ключевые слова: скорлупа фундука, фундук, разрушение скорлупы, ядра фундука.

Цитирование. Неверов Е. Н., Плотников И. Б., Схаплок Р. Ю., Пасечников Н. В. Исследование влияния низких температур на процесс разрушения скорлупы фундука. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 549-557. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-62.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Широкое распространение в различных отраслях пищевой промышленности нашли ядра различных орехов. Основной является кондитерская отрасль, где обжаренные ядра орехов применяются при производстве пралиновых конфет, в качестве основы кондитерских масс, начинок и т.п. Однако в последнее время широко применяются и в молочной промышленности, особенно это характерно для сыроделия, где обжаренные измельченные ядра орехов вносятся с целью повышения пищевой ценности и

вкусоароматического компонента в плавленые и мягкие сыры. Масла, полученные путем прессования ядер орехов, применяются в пищевой промышленности и нашли применение в косметологии. Систематическое употребление обжаренных ядер орехов позволяет повысить питательную ценность дневного рациона человека.

Одним из видов орехов, применяемых в пищевой промышленности, является фундук. В нашей стране орех культивируют в Крыму, Закавказье и других районах Кавказа. Соотношение ядра и скорлупы для этих орехов колеблется в пределах 45/55. Ядра фундука имеют богатый аминокислотный и витаминный состав.

В некоторых районах Российской Федерации в некультивированном виде произрастает лещина обыкновенная, или орешник. Орех лещины по внешнему виду, химическому составу, вкусовым и ароматическим качествам сильно похож на орех фундука, но качество ореха лещины, как в свежем, так и в переработанном виде, сильно уступает. Широкое применение данных орехов сдерживается отсутствием высокоэффективной технологии обрушивания, что связано с небольшими размерами относительно фундука и меньшим соотношением ядро/скорлупа. Сложность переработки также связана с трудностями получения цельного ядра при обрушивании [3, 4, 6, 7, 10].

Несмотря на различные способы переработки орехов различных культур, одной из первых стадий является обрушивание – удаление скорлупы и получение цельного ядра. Первичная стадия переработки производится обычно на небольших заготовочных предприятиях, для которых актуальным является вопрос экономической эффективности, для чего затраты на технологические и транспортные процессы должны быть минимальны при максимальной их производительности и гибкости.

Процесс обрушивания орехов — это процесс разрушения скорлупы ореха с последующим его отделением. Процесс разрушения скорлупы ореха включает следующие этапы: появление трещин субмикроскопических размеров, их развитие и окончательное макроскопическое деление скорлупы на части.

Существует несколько способов проведения процесса разрушения (дезинтеграции, диспергирования): резание, раскалывание, раздавливание, разламывание, истирание, свободный и стесненный удар [2].

На практике для разрушения скорлупы орехов нашёл применение способ – раздавливание между двумя вращающимися вальцами, между вальцом и неподвижной поверхностью и т.п. Данный способ применяется в большинстве обрушивающих машин. Однако принимая во внимание, что КПД процесса разрушения не превышает 1-1,5 % можно сказать, что эффективность данного оборудования не высока [11, 12].

При рассмотрении теории прочности можем увидеть два направления: разрушение за счет отрыва или скола (в результате действия растягивающих напряжений) и за счет среза (в результате действия касательных напряжений). При отрыве происходит такое разрушение, которое не сопровождается какой-либо заметной предварительной пластической деформацией. При этом разрушению за счет среза такая деформация (иногда достаточно значительная по величине) всегда предшествует. В связи с этим считают, что отрыв сопровождается, как правило, хрупким разрушением, а срез – вязким.

Характер видов разрушений определяется процессом возникновения зародышевой трещины и ее последующим распространением. Исходя из механизма образования трещины, хрупкое и вязкое разрушения принципиально между собой не отличаются.

Но, при детальном анализе можно обратить внимание на то, что при развитии вязкой трещины в состав разрушения включается значительное пластическое течение, а при развитии хрупкой трещины разрушение сопровождается минимальной пластической деформацией. Во время хрупкого отрыва энергия разрушения идет в основном на

преодоление сил притяжения между атомами, находящимися с обеих сторон по пути трещины (и, следовательно, на образование дополнительной поверхности раздела). При случае вязкого разрушения составляющую расхода энергии на преодоление сил притяжения между атомами намного превосходят затраты энергии на пластическую деформацию, связанную с процессом разрушения. Таким образом, направленность к развитию пластической деформации при разрушении определяется, как правило, условиями движения дислокаций в области растущей трещины [1].

Материалы и методы. Исследование проводилось на орехах фундука, для чего отбирались образцы с одинаковыми размерами и формой. Образцы делились на три группы со следующими средними размерами: 7, 10, 15 мм. Все образцы имели одинаковую начальную влажность 6 %, которую предварительно определяли на влагомере модели A&D ML-50 и далее образцы помещались в эксикатор.

Температурные режимы исследования групп образцов принимались: 25, 0, -10, -20, -40, -80, -190 °C. Для достижения температур образцов: 0, -10, -20 °C их подвергали термостатированию в течение 2 часов в морозильной камере марки LiebHerr LGT2325. Температура -40 °C достигалась в камере марки LiebHerr LGT2325, а для достижения температуры -80 °C использовалась морозильная камера марки SUFsg 7001 MediLine. Температурный режим -190 °C достигался путем термостатирования образцов в среде жидкого азота в течение 20 минут [8].

Испытания материалов при сжатии выполнялся, на универсальной гидравлической испытательной машине марки ПМ-МГ4 (рисунок 1), максимальное развиваемое усилие составляет 1 кН. Данная машина используется при испытании образцов элементов конструкций и различных материалов. Частота динамической нагрузки может изменяться от 3 до 12 миллиметров в мин., а допускаемая погрешность показаний при статических нагрузках $\pm 1\%$ от измеряемой нагрузки.



Рисунок 1 – Гидравлическая испытательная машина марки ПМ-МГ4

Figure 1 – Hydraulic testing machine of the PM-MG4 brand

Для определения величины деформации использовалась высокоскоростная камера Evercam 1000-8-M.

Методика экспериментальных исследований состояла в следующем. По пять образцов из каждой группы при заданной температуре помещались на специальное центрирующее приспособление, установленное на испытательной машине в центре стола. При испытании образца деформирование продолжают до разрушения скорлупы. По показанию силоизмерителя определяют разрушающую нагрузку скорлупы ореха. Далее определив площадь поверхности разрушенной скорлупы, вычисляют предел прочности на сжатие.

Измерение величины деформации проводилось путем скоростной съемки экспериментального исследования от момента соприкосновения толкателя до момента разрушения скорлупы.

Из полученных пяти образцов каждой группы были вычислены средние значения.

При определении стойкости скорлупы ореха к хрупкому разрушению моделировали экспериментальные исследования в условиях, максимально приближенным к стимулированию такого разрушения. Для этого скорлупу ореха подвергали динамической нагрузке на копре маятникового типа (рисунок 2), в котором они разрушаются в результате удара свободно падающей головки маятника (реализуется эффект скоростного деформирования).



Рисунок 2 – Маятниковый копер для динамических испытаний

Figure 2 – Pendulum coper for dynamic testing

Методика экспериментальных исследований состояла в следующем. Вначале определялась работа потерь маятника при холостом ходе. Далее образцы укладывались на площадку копра и производилось их разрушение. Затраты энергии на разрушение определялись путем вычитания из значения энергии разрушения, полученной при испытании, значения энергии холостого хода [5, 9].

Результаты и обсуждение. Серия экспериментов позволила определить предел прочности скорлупы фундука различных первоначальных размеров при сжатии. На рисунке 3 представлена диаграмма в координатах $F-\Delta l$ из которой видно, что, не смотря на различные первоначальные размеры скорлупа представляет собой хрупкий материал.

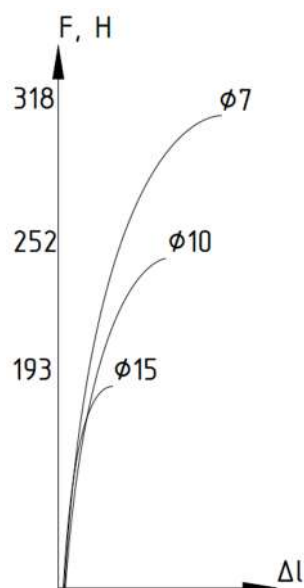


Рисунок 3 – Диаграммы сжатия образцов различного среднего диаметра

Figure 3 – Compression diagrams of samples of various average diameters

Разрушение скорлупы происходит в местах наибольшей концентрации напряжений путем зарождения и развития трещин, приводящих к разрушению материала. Трещины зарождаются и развиваются в местах несовершенства структуры материала, дефектов, посторонних микроскопических включений, микротрещин и т.д. Чем больше поверхность скорлупы, тем больше вероятность появления таких дефектов. Этим можно объяснить, что предел прочности орехов при сжатии с меньшими размерами имеет большее значение, чем для орехов с большей площадью поверхности.

На рисунке 4 представлена гистограмма значений предела прочности при сжатии образцов со средним диаметром 10 мм при различных температурах скорлупы.

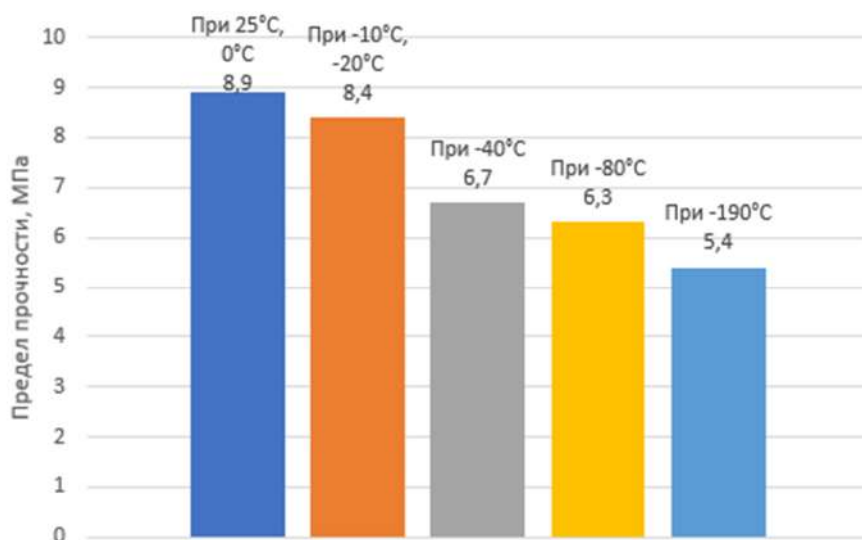


Рисунок 4 – Гистограмма значений предела прочности при сжатии образцов со средним диаметром 10 мм при различных температурах скорлупы

Figure 4 – Histogram of the values of the compressive strength of samples with an average diameter of 10 mm at different shell temperatures

Полученные значения позволяют утверждать, что при понижении температуры предел прочности скорлупы ореха снижается. При значениях температур 25 °С и 0 °С значения предела прочности близки и максимальны относительно других диапазонов температур. Предел прочности при температурах -10 °С и -20 °С также одинаковы и незначительно меньше предела прочности при более высоких температурах. Более значительное снижение прочности скорлупы достигается при температурах от -40 °С до -80 °С. При этом внутри этого температурного диапазона изменение предела прочности изменяется не значительно.

С понижением температуры процесс разрушения происходит практически без предварительной деформации, что говорит об увеличении хрупкости до максимального значения при моделируемых условиях в экспериментальной установке это значение достигается при температуре -190 °С, а предел прочности при сжатии скорлупы ореха составляет 5,4 МПа. При этом можем наблюдать значительную разницу в пределе прочности скорлупы ореха без заморозки и замороженного, порядка 3,5 МПа, что составляет 40 %.

На рисунке 5 представлена гистограмма значений предела прочности при сжатии образцов при температуре -190 °С с различными средними диаметрами.

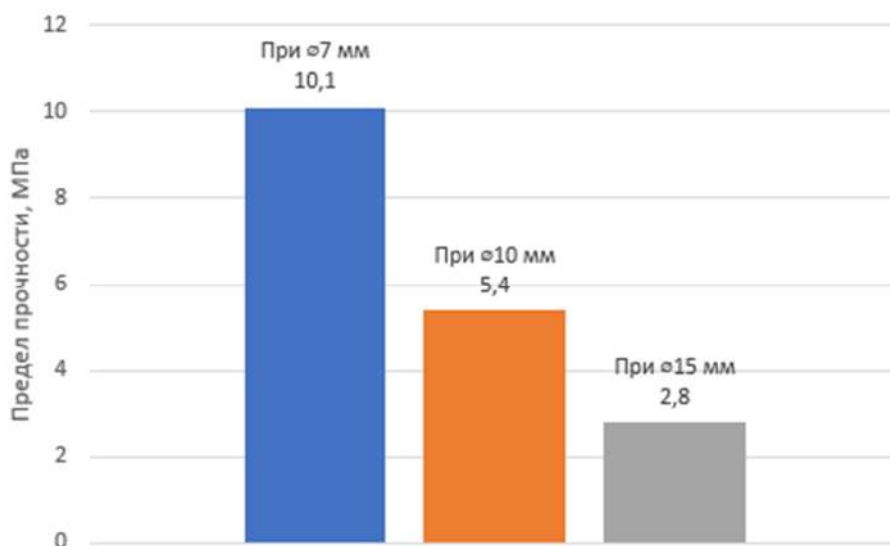


Рисунок 5 – Гистограмма значений предела прочности при сжатии образцов при температуре -190 °С с различными средними диаметрами

Figure 5 – A histogram of the values of the compressive strength of samples at a temperature of -190 °C with different average diameters

Полученные значения позволяют утверждать, что при понижении температуры значения предела прочности при сжатии снижаются, несмотря на разницу в размерах образцов. При этом значения пределов прочности при снижении температуры будет заметно ниже с увеличением диаметра ореха, на что существенное влияние оказывает площадь поверхности, таким образом, при диаметре ореха 15 мм предел прочности составляет 2,8 МПа, а среднее значение при выбранных диаметрах орехов составляет 5,4 МПа.

Если принять, что при высоких и средних температурах при сжатии наблюдается смешанное разрушение, суть которого в том, что протекающее на начальном этапе вязкое разрушение затем завершается переходом материала в хрупкое состояние. Это происходит при условии, что постепенно растущее напряжение превысит $\sigma_{\text{крит}}$ и вязкая трещина станет хрупкой и на заключительном этапе разрушение происходит по классическому хрупкому механизму. То разрушение при пониженных температурах носит

классических хрупкий характер. Исходя из этого можно сказать, что скорлупа ореха обладает хладноломкостью, то есть склонна к проявлению (или усилению) хрупкого разрушения при понижении температуры.

Для определения значения диапазона температур хрупкого перехода была поставлена серия экспериментов на маятниковом копре, как способе наибольшим образом стимулирующем хрупкое разрушение.

На рисунке 6 представлена гистограмма значений ударной вязкости для образцов со средним диаметром 10 мм при различных температурах.

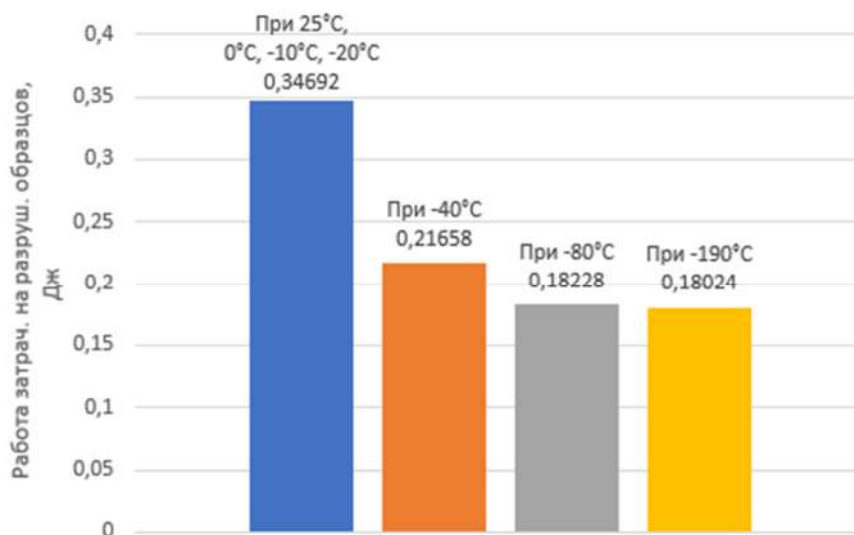


Рисунок 6 – Гистограмма значений ударной вязкости для образцов со средним диаметром 10 мм при различных температурах

Figure 6 – Histogram of impact strength values for samples with an average diameter of 10 mm at different temperatures

Из полученных результатов можно утверждать, что переход в чисто хрупкое состояние скорлупы ореха происходит при температурном диапазоне -40...-80 °C. Об это косвенно свидетельствуют пределы прочности скорлупы в данном диапазоне температур. Близкие значения ударной вязкости и предела прочности скорлупы при температурном диапазоне от -40 до -80 °C позволяют сделать вывод, что для снижения затрат на процесс разрушения и повышения его КПД достаточно понизить температуру скорлупы ореха до -40 °C, что будет достаточно для перехода ее в чисто хрупкое состояние.

Выводы. Результаты проведенных экспериментов показали, что понижение температуры скорлупы ореха ведет к переходу от смешанного к хрупкому характеру разрушения скорлупы при температурном диапазоне -40...-80 °C.

Понижение температуры до -40 °C ведет к снижению прочности скорлупы, но не более чем на 5-8 %. Снижение температуры скорлупы от -40 °C и вплоть до -80 °C дает снижение предела прочности на 30-35% в независимости от размеров образцов. Снижение температуры скорлупы до -190 °C позволяет снизить предел прочности до минимальных значений, но данные температуры сложно достичь и снижается экономическая эффективность процесса обрушивания. Кроме того, при температурах скорлупы ниже -40 °C процесс разрушения сопровождается наименьшим количеством мелкой фракции и максимальной сохранностью ядра.

Следовательно, для достижения максимального экономического эффекта обрушивания фундука необходимо снижение температуры его скорлупы до температуры -40 °C.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых способов и технологий обрушивания орехов фундука. Так же значения пределов прочности скорлупы орехов, возможно, использовать при проектировании и расчете оборудования для их обрушивания.

Библиографический список

1. Вискребенец А. С., Петров В. К. Совершенствование технологии и оборудования для разрушения скорлупы различных видов орехов // Научно-технический вестник Поволжья. Владикавказ: Северо-кавказский горно-металлургический институт, 2012. С. 193–195.
2. Шмалько Н. А., Смирнов С. О. Способ очистки зерна амаранта от примесей // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3.
3. Effect of Fe impregnation on CO₂-assisted pyrolysis of hazelnut shell / R. Liu, C. Li, J. Zheng, L. Liao, Y. Zhang // Fuel. 2022. V. 324. 1244514.
4. Effects of different processing methods on the lipid composition of hazelnut oil: A lipidomics analysis / J. Sun, X. Feng, C. Lyu, S. Zhou, Z. Liu // Food Science and Human Wellness. 2022. V. 11 (2). P. 427-435.
5. Effect of low oxygen on quality attributes of 'Barton' pecan nuts after long-term storage at different temperatures / S. R. Ribeiro, Q. M. Ribeiro, B. Klein, I. Duarte dos Santos, S. Forgiarini, J. J. Hamann, A. J. Cichoski // Scientia Horticulturae. 2020. V. 263. 109098.
6. Göksu A. G., Çakır B., Gülseren İ. Industrial utilization of bioactive hazelnut peptide fractions in the manufacture of functional hazelnut paste: ACE-inhibition and allergy suppression // Waste and Biomass Valorization, 2022. V. 13 (8). P. 3561-3572.
7. Identification of TIFY gene family in walnut and analysis of its expression under abiotic stresses / X. Liu, F. Yu, G. Yang, X. Liu, S. Peng // BMC Genomics. 2022. V. 23 (1). 190 p.
8. Interaction of oxygen and moisture content on 'Barton' and 'Jackson' pecan storage / F. R. Thewes, V. Both, A. Brackmann, E. E. Schultz, Pasquetti Berghetti, M. R. Soldateli, F. J. Wendt // Postharvest Biology and Technology. 2021. V. 179. 111584.
9. Low temperature facile synthesis of ZnO nuts and needle like microstructures / T. V. K. Karthik, V. R. Lugo, A. G. Hernandez, J. L. N. Jiménez, D. Sanchez-Campos, H. G. Pozos, D. M. Anaya, E. Cerecedo-Sáenz // Materials letters. 2019. V. 246. P. 56–59.
10. Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from by-products of turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) using natural deep eutectic solvents: Modeling, optimization and phenolic characterization / M. Bener, F. B. Şen, A. N. Önem, B. Bekdeşer, S. E. Çelik, M. Lalikoglu, R. Apak // Food Chemistry. 2022. V. 385. 132633.
11. Studying the sublimation of carbon dioxide / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya, A. N. Rasshchepkin // Periodico Tch Quimica. 2021. V. 18. № 37. P. 1-12.
12. The design of the device for the solid carbon dioxide production / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, A. N. Rasshchepkin, M. I. Ibragimov, A. N. Grinyuk // International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials - Equipment and Facilities of Agricultural Processing. 2021. P. 072022.

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, заведующий кафедрой техносферной безопасности Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-3542-7860, тел. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Плотников Игорь Борисович, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доцент, кандидат технических наук, ORCID: 0000-0002-0149-1724, тел. 89050695566, e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Схаплок Роман Юрьевич, магистрант Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), ORCID: 0000-0002-9019-5002, тел. 89513759096, e-mail: sibur-roma@yandex.ru

Пасечников Никита Владимирович, бакалавр Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), ORCID: 0000-0001-5350-2803 6), тел. 89134164287, e-mail: crazycursen@gmail.com

APPLICATION OF THE LANDSCAPE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE PROTECTIVE FOREST COVERAGE OF THE TERRITORIES

A.A. Tubalov

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 27.05.2022

Submitted 08.08.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences FNFE-2022-0007 "Theory and principles of the formation of adaptive agroforest reclamation complexes in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change"

Summary

The article presents the results of remote studies of the protective forest cover of the territory. Territory mapping based on geoinformation technologies and landscape approach makes it possible to identify features in the distribution of protective forest plantations. Accounting for these features is necessary when planning the development of agroforestry works in the future.

Abstract

Introduction. The main direction of increasing the efficiency of both agricultural production in general and land reclamation measures in particular is the direction based on the identification of the uniformity of production conditions. An example of the implementation of this direction is the zonal principles of agricultural production. The landscape approach is a further implementation of this direction. It allows you to fix the boundaries of natural territorial complexes in more detail, taking into account not only the factors of heat and moisture, but also to note the circumstance of their distribution depending on the relief and underlying rocks. The application of the landscape approach to the assessment of the protective forest cover of territories makes it possible to consider the conditions of agricultural production in a more differentiated way than when assessing parameters within natural zones. **Object.** The object of research is the territory of the Ilovinsky district of the Volgograd region. This area is typical for the dry steppe zone. This zone is characterized by annual precipitation in the range of 200-400 mm, while evaporation reaches 900 mm. The soil cover is represented by light chestnut and chestnut soil types. **Materials and methods.** The ongoing research is based on the use of geoinformation mapping technologies and the use of remote data. The main software package used in this study is the QGIS software package. Protective forest plantations were mapped using high-resolution QuickBird imagery. The creation of a vector model of the landscape structure of the Volgograd region was carried out using SRTM survey data. **Results and conclusion.** When The result of the research is the creation of a vector model of the landscape structure of the Volgograd region and a map of protective forest plantations of the study area. The identified parameters of the protective forest cover of the study area within the landscape areas vary from 0.6 to 2.7%. The highest values correspond to the Archedino-Donskoy landscape region, the lowest values correspond to the Pridonsky landscape region. Accounting for the share participation of landscape areas within the study area, along with the values of indicators of the protective forest cover of the territory, makes it possible to identify the most promising areas in terms of future forest reclamation.

Key words: map, agroforestry, protective forest cover, GIS, landscapes, Volgograd region.

Citation. Tubalov A.A. Application of the landscape approach to the assessment of the protective forest coverage of the territories. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 558-566 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-63.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 630*915

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЗАЩИТНОЙ
ЛЕСИСТОСТИ ТЕРРИТОРИЙ****А. А. Тубалов**, кандидат сельскохозяйственных наук*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 27.05.2022

Дата принятия к печати 08.08.2022

**Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания
Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного
лесоразведения Российской академии наук FNFE-2022-0007 «Теория и принципы
формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны юга РФ
в контексте климатических изменений»**

Актуальность. Основным направлением повышения эффективности как сельскохозяйственного производства в целом, так и мелиоративных мероприятий в частности является вектор, основанный на выявлении однородности условий производства. Примером реализации данной линии являются зональные принципы ведения сельскохозяйственного производства. Ландшафтный подход является дальнейшей реализацией данного курса. Он позволяет фиксировать границы природно-территориальных комплексов более детально, не только учитывать факторы поступления тепла и влаги, но и отмечать обстоятельство их распределения в зависимости от рельефа и подстилающих пород. Применение ландшафтного подхода к оценке защитной лесистости территорий позволяет более дифференцированно рассматривать условия сельскохозяйственного производства, чем при оценке параметров в рамках природных зон. **Объект.** Объектом исследований является территория Иловлинского района Волгоградской области. Данная территория является типичной для сухостепной зоны. Данная зона характеризуется годовым количеством осадков в пределах 200-400 мм, при этом испаряемость достигает значений 900 мм. Почвенный покров представлен светло-каштановыми и каштановыми типами почв. **Материалы и методы.** Проводимое исследование основано на применении геоинформационных технологий картографирования и использовании дистанционных данных. Основным программным комплексом, примененным при данном исследовании, является QGIS. Картографирование защитных лесных насаждений осуществлено по снимкам с высоким разрешением QuickBird. Создание векторной модели ландшафтной структуры Волгоградской области осуществлено с применением данных SRTM. **Результаты и выводы.** Результатом проведенных исследований является создание векторной модели ландшафтной структуры Волгоградской области и карты защитных лесных насаждений исследуемой территории. Выявленные в рамках ландшафтных районов параметры защитной лесистости варьируют в пределах от 0,6 до 2,7 %. Наибольшие значения соответствуют Арчедино-Донскому ландшафтному району, наименьшие – Придонскому ландшафтному району. Учет долевого участия ландшафтных районов в рамках исследуемой территории, наряду с значениями показателей защитной лесистости, позволяет выделить наиболее перспективные с точки зрения проведения будущих лесных мелиораций территории.

Ключевые слова: адаптивно-ландшафтное обустройство, агролесомелиорация, защитная лесистость, ГИС, Волгоградская область.

Цитирование. Тубалов А. А. Применение ландшафтного подхода к оценке защитной лесистости территорий. *Известия НВ АУК*. 2022. 3 (67). 558-566. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-63.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ключевым моментом при проведении оценки параметров ландшафтов при адаптивно-ландшафтном обустройстве территорий является выбор подходов к выделению территориальных комплексов. Примерами таких подходов могут быть исследования, выполненные в рамках административно-территориального деления, водосборной или бассейновой структуры, ландшафтной организации территории и другие.

Проведение исследования в рамках ландшафтной структуры территории позволяет дифференцированно оценивать условия сельскохозяйственного производства и учитывать не только зональные особенности, но и характеристики рельефа и почвообразующих пород, связанные с особенностями формирования территорий.

Ландшафтный подход в исследованиях территории Волгоградской области был применен множеством исследователей: Ракутиным М. Н. (Ракутин, 1977), Дегтяревой Е. Т. (Дегтярева, 1981), Брылевым В. А. (Атлас Волгоградской ..., 1993), Рулевым А. С. (Рулев, 2007), и другими. Ландшафтные карты, созданные ранее, зачастую выполнены на мелкомасштабной топографической основе М 1 : 3 000 000, для обзорных целей. Для применения картографических моделей территорий в качестве основы для расчета удельных показателей характеризующих защитную лесистость территории существует необходимость обновления данных карт на основе применения современных геоинформационных технологий и более детальных топографических карт М 1 : 100 000 и крупнее.

Защитные насаждения являются каркасом сельскохозяйственных территорий, обеспечивающим устойчивое производство сельскохозяйственной продукции [2, 6, 9, 10, 12]. В агролесомелиоративных исследованиях работы, направленные на оценку достаточности уже проведенных агролесомелиоративных работ и выявление территорий для будущих мелиоративных работ, актуальны и востребованы [1, 4, 7, 12].

Цель проводимых исследований заключалась в картографировании и оценке параметров защитной лесистости исследуемой территории в рамках ландшафтно-типологического подхода.

Объектом проводимых исследований была выбрана территория, соответствующая Иловлинскому району Волгоградской области. К ее особенностям следует отнести разнообразие природных условий. Территория Иловлинского района представлено шестью ландшафтными районами: Придонской возвышенный плосковыпуклый овражно-балочный ландшафтный район; Арчедино-Донской террасовый аллювиально-флювиогляциальный песчаный ландшафтный район; Иловлинско-Медведитский слабонаклоненный пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; Иловлино-Волжский пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; Средне-Донской пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район; Иловлинский пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район.

Материалы и методы. Поставленная цель исследований потребовала решения следующих задач: создание в геоинформационной среде ландшафтной карты, дешифрирование и создание картографической модели защитных лесных насаждений объекта исследования, создание массива параметрических характеристик защитных лесных насаждений исследуемой территории, расчет удельных показателей для территориальных комплексов исследуемой территории, анализ и оценка полученных данных.

В качестве основы для выделения ландшафтов исследуемой территории было применено ландшафтно-типологическое районирование территории Волгоградской области, принципы построения которой изложены в монографии академика А. С. Рулева «Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации».

В оригинале схема выделения ландшафтов выполнена в аналоговом виде на топографической основе М 1 : 3000000. Для обеспечения возможности применения в картографических исследованиях данная схема была воссоздана в векторной форме в масштабе 1 : 100000. В качестве топографической основы для выделения границ ландшафтных районов была применена визуализированная модель рельефа Волгоградской области, полученная на основе данных SRTM съемки с разрешением 30 м.

QGIS явился основным программным комплексом, примененным в ходе исследования.

Задача картографирования защитных лесных насаждений решалась на основе применения дистанционных данных, были применены снимки с высоким разрешением QuickBird. Методика картографирования основана на методических приемах, разработанных в лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ Агроэкологии РАН [5].

Задача оценки защитной лесистости решалась на основе сопоставления лесистости исследуемой территории с лесистостью эталонного участка. В качестве пространственного эталона защитной лесистости был выбран полигон «Качалино». Данная территория представляет собой опытное хозяйство ФНЦ Агроэкологии РАН, система защитных лесных полос которого создана на основе действующих нормативов по созданию лесных полос.

Результаты. На рисунке 1 представлено воссозданное в программной среде QGIS изображение ландшафтной карты Волгоградской области. Границы ландшафтных районов стали основой для расчета удельных показателей и оценки защитной лесистости территории.

Применение в качестве топографической основы для выделения контуров воссозданной ландшафтной карты данных SRTM позволили обеспечить возможность проведения дальнейших исследований в масштабе 1 : 100 000.

На рисунке 2 представлено изображение, которое содержит следующие основные слои: слой защитных лесных насаждений, слой ландшафтных районов, слой административных районов Волгоградской области.

В южной части данного рисунка представлены границы и защитные насаждения хозяйства «Качалино». Применение инструментов измерения позволили получить следующие показатели для данной территории: площадь опытного полигона – 44,6 км², площадь защитных лесных насаждений – 1,4 км², защитная лесистость территории – 3 %. Значения показателя защитной лесистости территории соответствуют значениям оптимальной лесистости территорий (Павловский, 1988).

В целом объект исследований характеризуется следующими параметрами: площадь Иловлинского района Волгоградской области – 4156 км², площадь защитных лесных насаждений – 33,41 км², защитная лесистость территории – 0,8 %.

Анализ изображения рисунка 2 позволяет установить крайнюю неоднородность исследуемой территории: ландшафтные районы занимают разную долю площади в исследуемой территории, при этом они обладают разным количеством защитных лесных насаждений.

На рисунке 3 представлена диаграмма, характеризующая долю участия ландшафтных районов в исследуемой площади. Анализ данной диаграммы позволяет констатировать, что наибольшие площади в исследуемом регионе занимают Арчедино-Донской, Придонской возвышенный, Иловлино-Волжский ландшафтные районы – 30, 27, 17 %. Вместе данные ландшафтные районы занимают 74 % исследуемой территории.

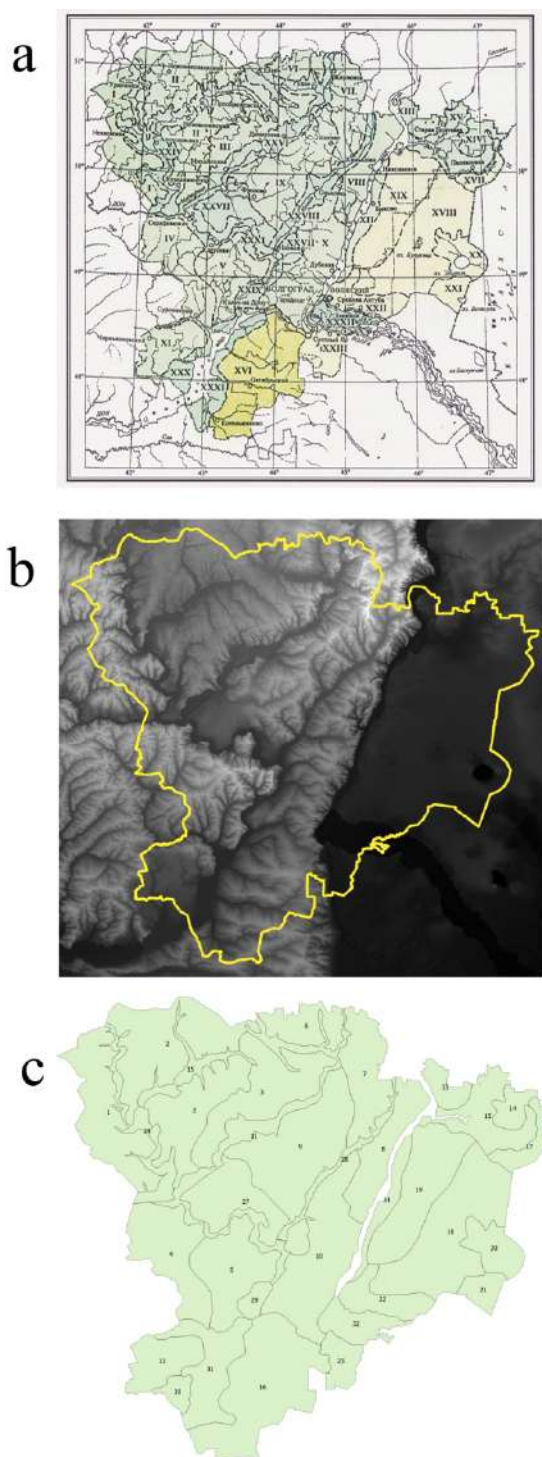


Рисунок 1 – Ландшафтная карта Волгоградской области (а – исходное изображение ландшафтной карты, выполненное на топографической основе М 1 : 3000000, б – модель рельефа Волгоградской области, полученная на основе SRTM данных, с – созданное в программе QGIS векторное изображение ландшафтной карты Волгоградской области)

Figure 1 - Landscape map of the Volgograd region (a – the original image of the landscape map made on the topographic basis M 1 : 3000000, b – the relief model of the Volgograd region obtained on the basis of SRTM data, c – the vector image of the landscape map of the Volgograd region created in the QGIS program)

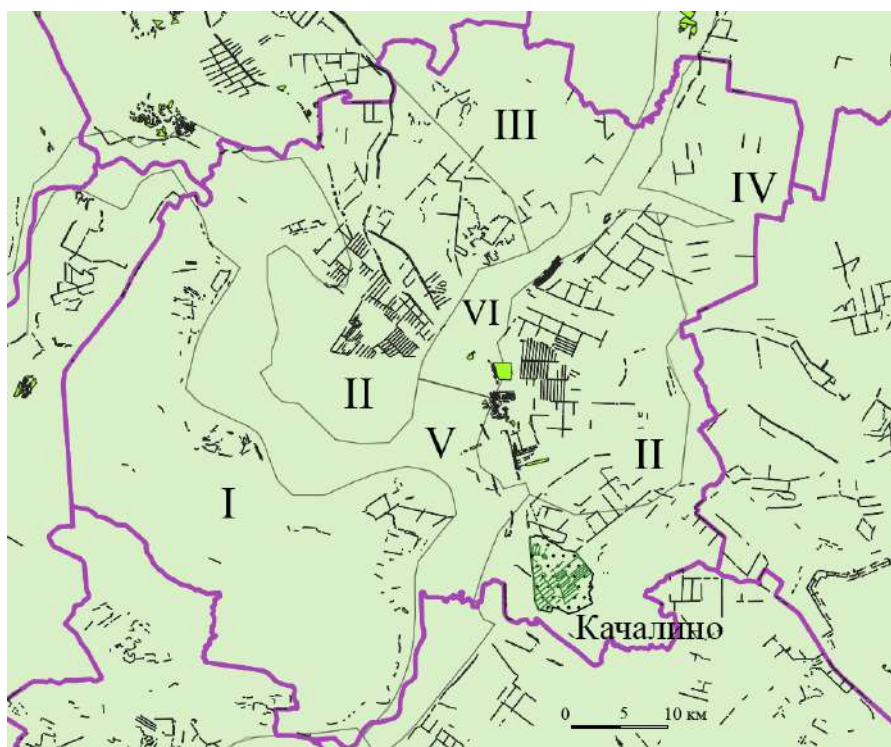


Рисунок 2 – Защитные лесные насаждения Иловлинского района Волгоградской области (Ландшафтные районы: I – Придонской возвышенный плосковыпуклый овражно-балочный ландшафтный район; II – Арчедино-Донской террасовый аллювиально-флювиогляциальный песчаный ландшафтный район; III – Иловлинско-Медведитский слабонаклоненный пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; IV – Иловлино-Волжский пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; V – Средне-Донской пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район; VI – Иловлинский пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район)

Figure 2 – Protective forest plantations of the Ilovlin district of the Volgograd region (Landscape areas: I – Pridonskoy elevated flat-convex ravine-beam landscape area; II – Archedino-Donskoy terraced alluvial-fluvioglacial sandy landscape area; III – Ilovlinско-Medveditsky slightly inclined gently undulating ravine-beam landscape area ; IV – Ilovliно-Volzhsky gently undulating ravine-gully landscape region; V – Middle-Don floodplain flat forest-meadow landscape region; VI – Ilovlin sky floodplain flat forest-meadow landscape region)

На рисунке 4 представлена диаграмма, характеризующая защитную лесистость исследуемой территории по ландшафтным районам. Анализ данной диаграммы свидетельствует, что показатель защитной лесистости значительно варьирует от одного ландшафтного района к другому. Так, защитная лесистость трех ландшафтных районов, которые занимают наибольшие площади, следующие: 2,7; 0,6; 1,6 %.

Сопоставление показателей защитной лесистости ландшафтных районов со значением показателя защитной лесистости эталонного полигона «Качалино» позволяет дать оценку достаточности проведенных мелиоративных работ. Так, наибольшее количество защитных лесных насаждений соответствует Арчедино-Донскому ландшафтному району, показатель защитной лесистости территории которого стремится к оптимальному значению равному 3 %. Наименьшие значения показателя защитной лесистости территории соответствует территориям Придонского ландшафтного района. Данный ландшафтный район занимает значительные площади в исследуемой территории, что позволяет данные территории рассматривать как на приоритетные для разработки планов агролесомелиоративного обустройства.

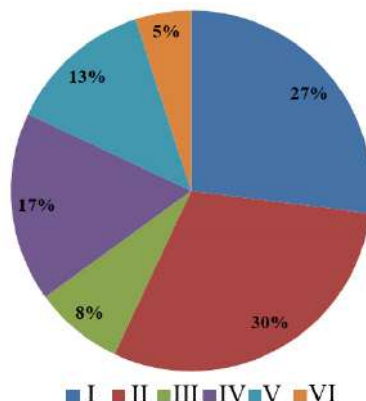


Рисунок 3 – Доля площади ландшафтных районов в исследуемой территории
(Ландшафтные районы: I – Придонской возвышенный плосковыпуклый овражно-балочный ландшафтный район; II – Арчедино-Донской террасовый аллювиально-флювиогляциальный песчаный ландшафтный район; III – Иловлинско-Медведитский слабонаклоненный пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; IV – Иловлино-Волжский пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; V – Средне-Донской пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район; VI – Иловлинский пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район)

Figure 3 – The proportion of the area of landscape areas in the study area
(Landscape areas: I – Pridonskoy elevated flat-convex ravine-beam landscape area; II – Archedino-Donskoy terraced alluvial-fluvioglacial sandy landscape area; III – Ilovlinsko-Medveditsky slightly inclined gently undulating ravine-beam landscape area; IV – Ilovli-no-Volzhsky gently undulating gully-beam landscape area; V – Middle-Don floodplain flat forest-meadow landscape area; VI – Ilovlinsky floodplain flat forest-meadow landscape area)

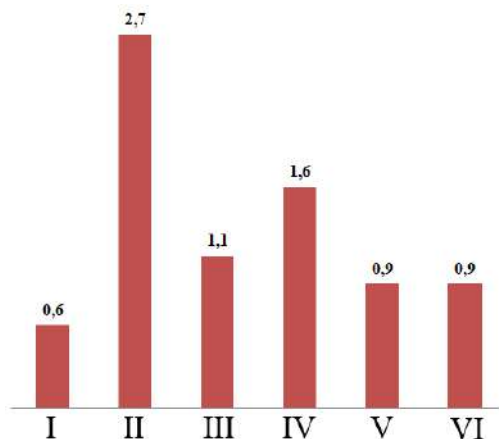


Рисунок 4 – Защитная лесистость ландшафтных районов исследуемой территории, %
(Ландшафтные районы: I – Придонской возвышенный плосковыпуклый овражно-балочный ландшафтный район; II – Арчедино-Донской террасовый аллювиально-флювиогляциальный песчаный ландшафтный район; III – Иловлинско-Медведитский слабонаклоненный пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; IV – Иловлино-Волжский пологоволнистый овражно-балочный ландшафтный район; V – Средне-Донской пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район; VI – Иловлинский пойменный плоский лесолуговой ландшафтный район)

Figure 4 - Protective forest cover of landscape areas of the study area, % (Landscape areas: I – Pridonskoy elevated flat-convex ravine-beam landscape area; II – Archedino-Donskoy terraced alluvial-fluvioglacial sandy landscape area; III – Ilovlinsko-Medveditsky slightly inclined gently undulating ravine-beam landscape area region; IV – Ilovli-no-Volzhsky gently undulating ravine-gully landscape region; V – Middle-Don floodplain flat forest-meadow landscape region; VI – Ilovlinsky floodplain flat forest-meadow landscape region)

Обсуждение. За прошедшие периоды научных исследований накопилось множество ценных картографических материалов, посвященных узкоспециализированным темам. Использование последних сопряжено с решением проблемы векторизации растровых изображений. Данной проблематике уделено множество исследований [3, 8, 11], они свидетельствуют о том, что обеспечение приемлемого по точности результата оцифровки зачастую сопряжено со значительными трудовыми затратами.

Представленные материалы демонстрируют возможность повышения точности векторной модели ландшафтных районов по сравнению с растровым оригиналом. Повышение детализации обеспечивается не за счет обрисовки контуров по топографически привязанному и трансформированному исходному изображению, а за счет проведения процесса тематического картографирования с применением более детальной топографической основы. Процесс воссоздания контуров требователен к квалификации специалистов, осуществляющих построение векторной модели исследуемой территории: необходим учет не явной семантической информации, представленной в легенде создаваемой картографической модели. Так, при создании векторной модели ландшафтной карты потребовался учет морфоструктурных особенностей рельефа Волгоградской области, являющихся основанием для выделения границ ландшафтных районов.

Приведенные материалы исследований могут служить примером решения проблемы применения аналоговых карт в современных исследованиях. Предложенный способ создания векторных моделей применим для воссоздания других картографических продуктов исследуемой территории – схемы агролесомелиоративного районирования, мелкомасштабных почвенных карт и др.

Выводы. Результатом проведенных исследований является создание векторной карты ландшафтов Волгоградской области и картографической модели распространения защитных лесных насаждений объекта исследований. Снятие параметрической информации с созданных картографических моделей позволило осуществить расчет удельных показателей защитной лесистости для всех выделяемых природно-территориальных комплексов. Так, значение показателя защитной лесистости территорий, рассчитанного для Иловлинского района Волгоградской области, в целом равно 0,8 %. Значения показателя защитной лесистости территорий, рассчитанные по шести ландшафтным районам, изменяются от 0,6 до 2,7 %. Применение ландшафтного подхода позволяет более дифференцированно оценивать исследуемую территорию. Максимальное значение показателя защитной лесистости территорий (3 %) соответствует опытному хозяйству ФНЦ Агроэкологии РАН. Сопоставление значений показателей, соответствующих ландшафтным районам со значением, соответствующим опытному хозяйству, а также учет долевого участия ландшафтных районов в площади объекта исследования позволяет выделять наиболее перспективные территории с точки зрения проведения будущих агролесомелиоративных мероприятий. Придонской возвышенный плосковыпуклый овражно-балочный ландшафтный район занимает второе место по площади в исследуемой территории (27 %) и при этом обладает минимальным количеством защитных лесных насаждений – значение показателя защитной лесистости равно 0,6 %.

Библиографический список

1. Антонов С. А. Анализ пространственного положения защитных лесных насаждений на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования земли // Интеркарто. Интергис. 2020. Т. 26. № 2. С. 408-420.
2. Барабанов А. Т., Фомин С. Д., Кулик А. В. К вопросу о стокорегулирующей роли лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 1–11.

3. Ибрафиллов Х. С. Исследование методов бинаризации изображений // Вестник науки и образования. 2017. Т. 2. № 6 (30). 43-50 С.
4. Кошелева О. Ю. Районирование водосборов малых рек юга Приволжской возвышенности по водоохранно-защитной роли лесов // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 1. С. 99-111.
5. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал 2017. № 3. С. 107-114.
6. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения - основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
7. Опыт использования ГИС-технологий при создании, обновлении и подготовки крупномасштабных топографических карт к изданию применительно к целям землеустройства и кадастра / Г. С. Цытрон, Н. С. Ласточкина, В. В. Северцов, Н. А. Казакевич // Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 229-232.
8. Bertrand Kerautret, Jacques-Olivier Lachaud Geometric Total Variation for Image Vectorization, Zooming and Pixel Art Depixelizing // Pattern Recognition. 2020.
9. Cherubin M. R., Chavarro-Bermeo, J. P. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon // Agroforest Syst. 2019. № 93. P. 1741-1753.
10. Hillbrand A., Borelli S., Conigliaro M., Olivier A. Agroforestry for Landscape Restoration: Exploring the Potential of Agroforestry to Enhance the Sustainability and Resilience of Degraded Landscapes // Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2017. 20 p.
11. Solovyova A. N., Kuchuganov A. V. Automation of aerial and satellite image interpretation // Proceedings of the 2016 conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). 2016, P. 198-203.
12. Wilson M. H., Lovell S. T. Agroforestry-The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture // Sustainability. 2016. № 8. P. 574-589.

Информация об авторе

Тубалов Алексей Александрович, научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. +7 (8442) 96-85-25, ORCID 0000-0002-4967-0449, e-mail: tubalov-a@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-64

METHODS FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION BY RECLAIMING PUMP STATIONS

Y.S. Urzhumova, D.V. Nikolaenko, V.B. Panov, S.A. Tarasyants

*«Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov» -
the branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University», Novocherkassk*

Received 27.05.2022

Submitted 19.07.2022

Summary

The article presents the results of an experimental determination of the magnitude of the reduction in energy consumption by pumping stations when changing the location of the consumer using a jet apparatus installed on the suction pipeline.

Abstract

Introduction. The amount of energy consumed by pumping equipment depends on many values that can change if additional devices are installed in the suction pipelines that increase the amount of total energy - jet devices. **Object.** The object of research is the process of interaction of increased, with the help of a jet apparatus, energy in the suction pipeline of pumping equipment, with the magnitude of the decrease in energy consumption by the pumping station when

the location of the consumer changes. **Materials and methods.** The studies were carried out using the theory of experiment planning, as factors the flow rate in the suction pipeline V_{BC} , the flow velocity in the nozzle of the jet apparatus V_0 , the pressure in the pressure pipeline $P_H/g\rho_0$ at a distance of 1250 m from the building of the pumping station were taken. The pressure of the jet apparatus was taken as a criterion. During the research, two groups of experiments were carried out, the first group was to determine the effect of each factor on the pressure of the jet apparatus, the second - to determine the maximum possible increase in the suction head of the pump (pressure of the jet apparatus). **Results and Conclusions.** The obtained values of the head of the jet apparatus fluctuate within the range of variation, which is a possible consequence of an increase in suction height, a decrease in the total head of the pumping station. Based on the field studies, it was experimentally established that the power consumption is from 669.18 to 540.54 kW at heads from 106.88 to 126.52 m, flows from 0.46 to 0.28 m³/s, efficiency from 0.72 up to 0.68 and total energy in the suction pipeline from 1.75 to 5.71 m, the value at the point of selection of the source of water consumption at a distance of 1450 m from the building of the pumping station, head from 80.28 to 106.67 m, flow from 0, 49 to 0.43 m³/s with a vacuum value in the HB suction pipe from 2.0 to 5.8 m; the value of residual energy between the studied points of selection at the place of the water source and at a distance of 1450 m from the building of the pumping station - head 19.03 m and flow 0.15 m³/s; calculated, according to experimental data, the value of increasing the suction height of the pump and, as a result, reducing the pressure in the network from 12.24 to 17.92 m; the value of the reduction in energy consumption with an increase in suction height using a jet apparatus from 28.09 to 70.24 kW at feed rates from 0.40 to 0.28 m³/s. Experimental data on the magnitude of the reduction in energy consumption of 70.24 kW with an increase in suction height established the possibility of using residual energy and, accordingly, reducing the pressure and power consumption of pumping equipment.

Key words: *pressure pipelines, suction pipelines, cavitation reserve, admissible vacuum suction head, jet apparatus, kinetic energy, potential energy.*

Citation. Urzhumova Y.S., Nikolaenko D.V., Panov V.B., Tarasyants S.A. Methods for reducing energy consumption by reclaiming pump stations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 566-574 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-64.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in execution and analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 628.147.2

МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ МЕЛИОРАТИВНЫМИ НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ

Ю. С. Уржумова, кандидат технических наук, доцент
Д. В. Николаенко, аспирант; В. Б. Панов, аспирант
С. А. Тарасьянц, доктор технических наук, профессор

Новочеркасский инженерно мелиоративный институт им. А. К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 27.05.2022

Дата принятия к печати 19.07.2022

Актуальность. Величина потребляемой энергии насосным оборудованием зависит от множества величин, которые могут изменяться в случае установки во всасывающих трубопроводах дополнительных устройств, повышающих величину полной энергии – струйных аппаратов. **Объект.** Объектом исследований является процесс взаимодействия увеличенной, с помощью струйного аппарата, энергии во всасывающем трубопроводе насосного оборудования, с величиной уменьшения потребляемой энергии насосной станцией при изменении ме-

стоположения потребителя. **Материалы и методы.** Исследования проводились с использованием теории планирования эксперимента, в качестве факторов принимались скорость потока во всасывающем трубопроводе $V_{вс}$, скорость потока в сопле струйного аппарата V_0 , давление в напорном трубопроводе $P_n/g\rho_0$ на расстоянии 1250 м от здания насосной станции. В качестве критерия принимался напор струйного аппарата. Проведены две группы опытов: первая группа – для определения влияния каждого фактора на напор струйного аппарата, вторая – для определения максимально возможной величины увеличения высоты всасывания насоса (напора струйного аппарата). **Результаты и выводы.** Полученные величины напора струйного аппарата колеблются в пределах интервалов варьирования, что является возможным следствием повышения высоты всасывания, уменьшения суммарного напора насосной станции. На основании проведенных натурных исследований экспериментально установлено, что потребляемая мощность от 669,18 до 540,54 кВт при напорах от 106,88 до 126,52 м, подачах – от 0,46 до 0,28 м³/с, КПД – от 0,72 до 0,68 и полной энергии во всасывающем трубопроводе от 1,75 до 5,71 м, величину в точке отбора источника водопотребления на расстоянии 1450 м от здания насосной станции, напора от 80,28 до 106,67 м, расхода – от 0,49 до 0,43 м³/с при величине вакуума во всасывающем трубопроводе H_v от 2,0 до 5,8 м; величина остаточной энергии между исследуемыми точками отбора в месте водоисточника и на расстоянии 1450 м от здания насосной станции – напора 19,03 м и подачи 0,15 м³/с; расчетное, по экспериментальным данным, значение повышения высоты всасывания насоса и как следствие уменьшения напора в сети от 12,24 до 17,92 м; величина уменьшения потребляемой энергии при увеличении высоты всасывания с помощью струйного аппарата от 28,09 до 70,24 кВт при подачах от 0,40 до 0,28 м³/с. Экспериментальными данными по величине уменьшения потребляемой энергии 70,24 кВт при увеличении высоты всасывания установлена возможность использования остаточной энергии и соответственно уменьшения напора и потребляемой мощности насосного оборудования.

Ключевые слова: струйные аппараты, всасывающие трубопроводы, потребляемая энергия, допустимая вакуумметрическая высота всасывания, напор струйного аппарата.

Цитирование. Уржумова Ю. С., Николаенко Д. В., Панов В. Б., Тарасьянц С. А. Методы уменьшения потребляемой энергии мелиоративными насосными станциями. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 566-574. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-64.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что величина потребляемой энергии насосным оборудованием зависит от подачи, напора и значения КПД [7, 10]. Напор, в свою очередь, определяется разностью энергии в напорном и всасывающем трубопроводах $\mathcal{E}_2$ и $\mathcal{E}_1$ [12]. Величина полной энергии во всасывающем трубопроводе $\mathcal{E}_1$ зависит от многих факторов – заводской допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{доп}^{вак}$, потерь напора во всасывающем трубопроводе, разницы отметок водоисточника и оси насоса. Данные величины могут изменяться в случае установки во всасывающих трубопроводах дополнительных устройств, повышающих величину полной энергии – струйных аппаратов [8, 11].

Цель исследований – разработать метод уменьшения потребляемой энергии мелиоративными насосными станциями при изменении местоположения потребителя с использованием струйного аппарата.

Материалы и методы. Полная энергия во всасывающем трубопроводе, до установки струйного аппарата:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{P_1}{g\rho_1} + \frac{v_1^2}{2g} \quad (1),$$

где P_1 и $\frac{v_1^2}{2g}$ – соответственно давление (вакуум) во всасывающем трубопроводе насоса и кинетическая энергия.

После установки струйного аппарата полная энергия увеличится до значения $\mathcal{E}'_1$:

$$\mathcal{E}'_1 = \frac{P_1}{g\rho} + H_{з.пр} + \frac{Q_o \alpha_o + Q_{вх}}{\omega_{вс.пр} * 2g}, \quad (2)$$

где $H_{з.пр}$ - добавочное давление, определяемое по зависимости [6]:

$$H_{з.пр} = \frac{2}{m} \left(\frac{\alpha_o}{m} \right)^2 \frac{1}{1 + \varphi_{вх}} - \frac{(1 + \alpha_o)^2}{m} + (1 + \varphi_{вх}) \rho_o \quad (3)$$

где α_o – коэффициент эжекции, $Q_{вх}$ – подсасывающий расход, Q_o – подаваемый расход, $m = 5,0$ (принимается [6, 9]) – геометрическая характеристика струйного аппарата, $\zeta_{вх} = 0,06$ – коэффициент гидравлического сопротивления на вход в струйный аппарат [1].

Опытное определение величины уменьшения потребляемой энергии в случае установки струйного аппарата проводилось по схеме, показанной на рисунке 1.

Исследования проводились с использованием теории планирования эксперимента [2, 3, 5], в качестве факторов принимались X_1 – скорость потока во всасывающем трубопроводе, регулируемая задвижкой 3 и определяемая по зависимости:

$$V_{вс} = \frac{Q_{вс}}{\omega_{вс}},$$

где $Q_{вс}$ – расход во всасывающем трубопроводе, $\omega_{вс} = 0,208 \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода, X_2 – скорость потока в сопле струйного аппарата, определяемая по зависимости:

$$V_o = \varphi \sqrt{2gH_{н.пр}},$$

где φ – коэффициент скорости (принимается 0,88), $H_{н.пр}$ – напор перед струйным аппаратом, X_3 – давление в напорном трубопроводе, измеряемое манометром 10, после задвижки 4.

В качестве критерия принимался напор струйного аппарата $H_{н.пр}$. Проведены две группы опытов: первая группа – для определения влияния каждого фактора на напор струйного аппарата, вторая – для определения максимально возможной величины увеличения высоты всасывания насоса (напора струйного аппарата).

Результаты. Фактические и кодированные параметры факторов по первой группе опытов приведены в таблице 1 и приняты по возможным параметрам исследованной насосной станции.

Таблица 1 – Фактические и кодированные параметры факторов для первой группы опытов

Table 1 – Actual and coded parameters of factors for the first group of experiments

Факторы/ Factors	Код/ Code	Интервалы/ Intervals	Уровень/ Level		
			Основной/ Basic «0»	Нижний/ Lower «-»	Верхний/ Upper «+»
$V_{вс}$, м/с / m/s	X_1	1,0	3,0	2,0	4,0
V_o , м/с / m/s	X_2	5,0	15	10	20
$P_{н}$, м / m	X_3	5	90	60	120

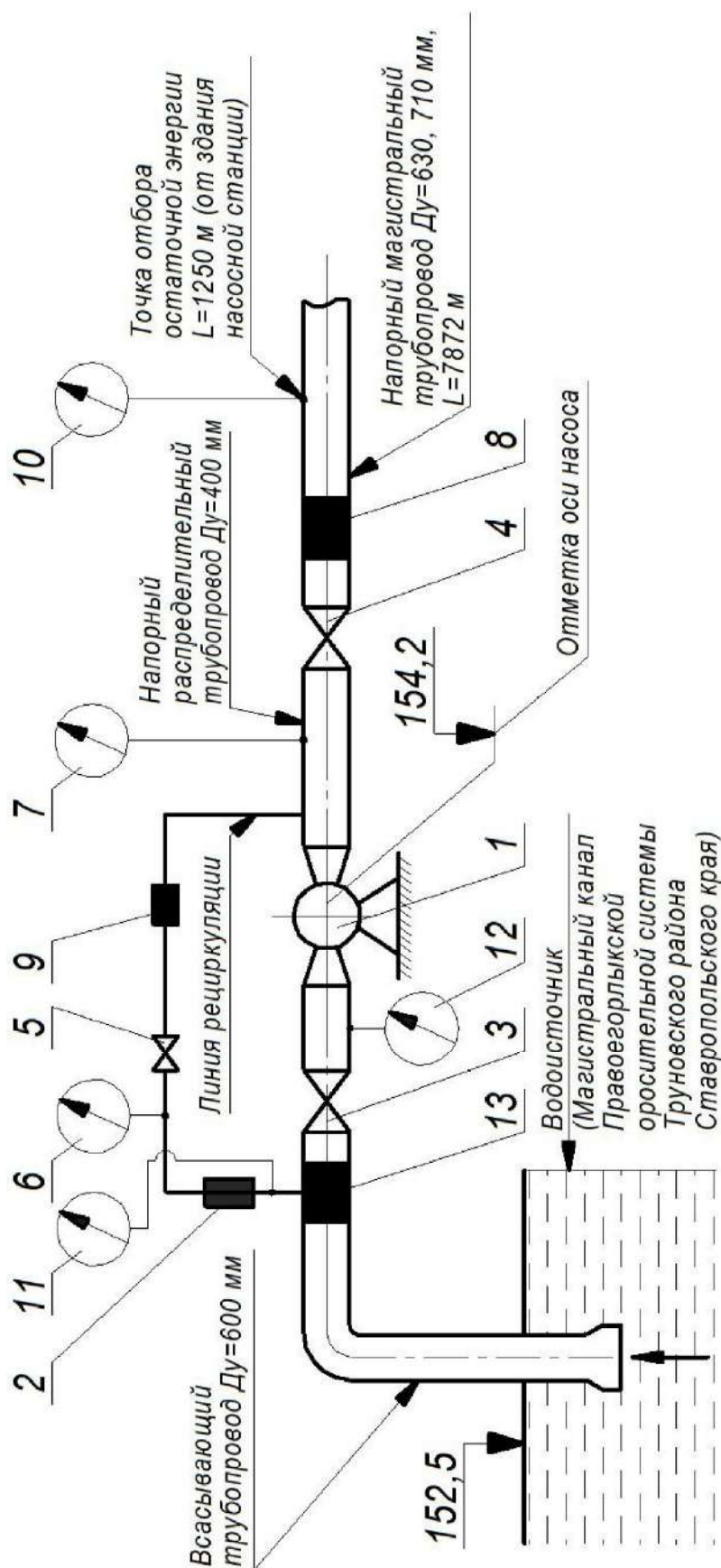


Рисунок 1 – Схема установки оборудования и измерительной аппаратуры, при определении остаточной величины энергии вследствие изменения места отбора потребителем:

1 – центробежный насос Д1250-125; 2 – кольцевой двухповерхностный струйный аппарат; 3, 4, 5 – задвижки; 6, 7, 10, 11 – манометры; 8, 9, 13 – расходомеры; 12 – мановакуумметр

Figure 1 – Scheme of installation of equipment and measuring instruments, when determining the residual value of energy due to a change in the place of selection by the consumer:

1 – centrifugal pump Д1250-125; 2 – an annular two-surface jet apparatus; 3, 4, 5 – valves; 6, 7, 10, 11 – manometers; 8, 9, 13 – flow meters; 12 – pressure gauge

Матрица планирования и результаты первой группы опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты первой группы опытов

Table 2 – Planning matrix and results of the first group of experiments

№ опыта / experience number	Скорость по- тока во всасы- вающем тру- бопроводе/ Flow rate in the suction pipe, $X_1(V_{вс})$,	Скорость по- тока в сопле струй- ного аппара- та/ Flow rate in jet nozzle, $X_2(V_0)$,	Давление в напорном трубопроводе / Pressure in the discharge pipeline, X_3 ($P_H/g\rho_0$)	Значения факторов / Factor values, м/ м			
				$X_1(V_{вс})$, м/с / m/s	$X_2(V_0)$, м/с / m/s	X_3 ($P_H/g\rho_0$) м/ м	Напор струй- ного аппарата/ The pressure of the jet appa- ratus, $H_{г.пр.}$, м/м
1	+	+	0	4,0	20,0	90,0	12,4
2	+	-	0	4,0	10,0	90,0	6,5
3	-	+	0	2,0	20,0	90,0	15,0
4	-	-	0	2,0	10,0	90,0	7,2
5	+	0	+	4,0	15,0	120,0	9,4
6	+	0	-	4,0	15,0	60,0	10,0
7	-	0	+	2,0	15,0	120,0	10,1
8	-	0	-	2,0	15,0	60,0	9,9
9	0	+	+	3,0	20,0	120,0	10,8
10	0	+	-	3,0	20,0	60,0	11,4
11	0	-	+	3,0	10,0	120,0	8,1
12	0	-	-	3,0	10,0	60,0	7,8
13	0	0	0	3,0	15,0	90,0	8,8
14	0	0	0	3,0	15,0	90,0	9,0
15	0	0	0	3,0	15,0	90,0	9,4
16	0	0	0	3,0	15,0	90,0	8,9

По обработанным данным таблицы 2 получена математическая модель, по кото-
рой построена ранжировочная кривая степени влияния факторов $X_1(V_{вс})$, $X_2(V_0)$ и
 $X_3(P_H/g\rho_0)$ на критерий $H_{г.пр.}$ (рисунок 2):

$$H_{г.пр.} = b_0 \pm 3,09X_1 \pm 4,63X_2 \pm 1,54X_3 \quad (4)$$

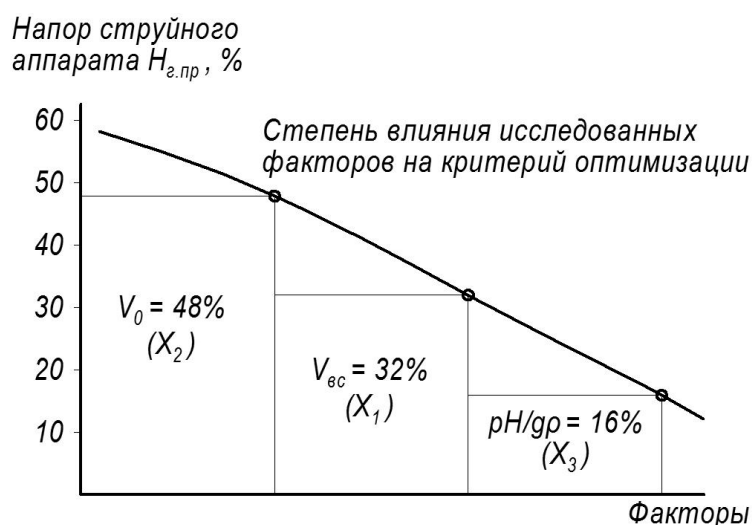


Рисунок 2 – Ранжировочная кривая степени влияния исследованных факторов
на напор струйного аппарата

Figure 2 – Ranking curve of the degree of influence of the studied factors on the pressure
of the jet apparatus

Анализ данных рисунка 2 позволил продолжить дальнейшие исследования с факторами $X_1(V_{вс})$ и $X_2(V_0)$ с изменением интервалов варьирования и учетом анализа первой группы опытов. Фактические и кодированные параметры факторов второй группы опытов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Фактические и кодированные параметры факторов для второй группы опытов

Table 3 – Actual and coded parameters of factors for the second group of experiments

Факторы / Factors	Код / Code	Интервалы / Intervals	Уровень / Level		
			Основной / Basic «0»	Нижний / Lower «-»	Верхний / Upper «+»
$V_{вс}$, м/с	X_1	1,5	3,0	1,5	4,5
V_0 , м/с	X_2	10,0	20,0	10,0	30,0

Матрица планирования и результаты второй группы опытов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица планирования и результаты второй группы опытов

Table 4 – Planning matrix and results of the second group of experiments

№ опыта / experience number	Скорость потока во всасывающем трубо- проводе/ Flow rate in the suction pipe, $X_1(V_{вс})$,	Скорость потока в сопле струйного аппарата/ Flow rate in jet nozzle, $X_2(V_0)$,	Значения факторов, м		
			$X_1(V_{вс})$, м/с/ m/s	$X_2(V_0)$, м/с/ m/s	Напор струйного аппарата/ The pressure of the jet apparatus, $H_{г.пр.}$, м/м
1	+	+	4,5	30,0	15,8
2	-	-	1,5	10,0	9,4
3	+	-	4,5	10,0	10,0
4	-	+	1,5	30,0	17,1
5	0	+	3,0	30,0	18,0
6	0	-	3,0	20,0	12,0
7	0	0	3,0	20,0	12,4
8	0	0	3,0	20,0	12,0

Обработка полученных результатов позволила получить математическую зависимость в виде:

$$H_{г.пр.} = 16,88 + 0,44 X_1 + 2,40 X_2 - 2,0 X_1^2 + 0,20 X_2^2. \quad (5)$$

Анализ данных уравнения 5 и полученные значения напора струйного аппарата в критических точках сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Значения напора струйного аппарата в критических точках эксперимента, рассчитанных по уравнению 5

Table 5 – Values of the pressure of the jet apparatus at the critical points of the experiment, calculated according to equation 5

Факторы/ Factors		Фактические значения напора $H_{г.пр.}$ по уравнению 5/ The actual values of the head $H_{г.пр.}$ according to equation 5 /, м/м	Величина уменьшения потребляемой энергии, кВт при полезном расходе / The amount of reduction in energy consumption, kW at useful consumption		
			0,40	0,36	0,28
$X_1(V_{вс})$, м/с	$X_2(V_0)$, м/с	$H_{г.пр.}=16,88+0,44+2,4-2,0+0,20=17,92$ м	70,24	63,22	49,17
4,5 («+»)	30,0 («+»)				
1,5 («-»)	10,0 («-»)	$H_{г.пр.}=16,88-0,44-2,4-2,0+0,20=12,24$ м	40,14	36,12	28,04
3,0 («0»)	20,0 («0»)	$H_{г.пр.}=16,88$ м	66,16	59,55	46,31

Обсуждение. Из данных таблицы 5 видно, что полученные величины напора струйного аппарата $H_{г.пр.}$ колеблются в пределах интервалов варьирования, показанных в таблице 5, от 12,24 до 17,92 м, что является возможным следствием повышения высоты всасывания, уменьшения суммарного напора насосной станции на максимальное значение 16,88 м и потребляемой энергии, в зависимости от подачи на величину от 46,31 до 70,24 кВт.

Учитывая тот факт что для величины 16,88 м значение скорости во всасывающем трубопроводе принято 3,0 м/с, величину $H_{г.пр.} = 16,88$ м следует принимать при длине всасывающего трубопровода не более 10-20 м, в противном случае, увеличенный напор компенсируется потерями во всасывающем трубопроводе.

Выводы. На основании проведенных натурных исследований экспериментально определены по зависимостям 2, 3 гидравлические параметры насосного оборудования:

- потребляемая мощность от 669,18 до 540,54 кВт при напорах от 106,88 до 126,52 м, подачах от 0,46 до 0,28 м³/с, КПД от 0,72 до 0,68 и полной энергии во всасывающем трубопроводе от 1,75 до 5,71 м, величину в точке отбора источника водопотребления на расстоянии 1450 м от здания насосной станции, напора от 80,28 до 106,67 м, расхода от 0,49 до 0,43 м³/с при величине вакуума во всасывающем трубопроводе H_v от 2,0 до 5,8 м;

- величина остаточной энергии между исследуемыми точками отбора в месте водоисточника и на расстоянии 1450 м от здания насосной станции – напора 19,03 м и подачи 0,15 м³/с;

- расчетное, по экспериментальным данным, значение повышения высоты всасывания насоса и, как следствие, уменьшения напора в сети от 10,24 до 17,92 м;

- величина уменьшения потребляемой энергии при увеличении высоты всасывания с помощью струйного аппарата от 28,09 до 70,24 кВт при подачах от 0,40 до 0,28 м³/с.

Экспериментальными данными по величине уменьшения потребляемой энергии 70,24 кВт при увеличении высоты всасывания установлена возможность использования остаточной энергии и соответственно уменьшения напора и потребляемой мощности насосного оборудования.

Библиографический список

1. Барабаш В. М., Абиев Р. Ш., Кулов Н. Н. Обзор работ по теории и практике перемешивания // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52. № 4. С. 367-383.
2. Бенин Д. М. Методика обработки результатов гидравлического эксперимента // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 3-4 (57). С. 16-19.
3. Иванищев Ю. Г., Давыдов В. М. Автоматизированная обработка результатов эксперимента // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2020. № 3 (58). С. 25-32.
4. Использование теории подобия для построения характеристик центробежных насосов / И. С. Березин, И. А. Циглер, И. И. Малахов, М. В. Суковин // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 9 (65). С. 116-120.
5. Кошкин С. В., Соколов А. Л. Обработка и анализ результатов эксперимента и проверка гипотез // Специальная техника и технологии транспорта. 2020. № 5 (43). С. 280-285.
6. Методы расчета геометрической высоты всасывания и отметки оси центробежных насосов на насосных станциях мелиорации и водоснабжения / А. С. Тарасьянц, В. Н. Ширяев, О. И. Рахмянская, С. А. Тарасьянц // Международный журнал передовых исследований в области компьютерных наук и инженерии: сборник научных трудов по материалам Международ. конф. St. Louis, Missouri, USA, 2020. С. 32-41.
7. Михайлова С. В., Погребная И. А. Повышение производительности центробежных насосов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. № 2. С. 20-27.

8. Нафиков И. Р., Ситдилов Ф. Ф. Струйные аппараты для создания вакуума // Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40-45.

9. Пути снижения энергетических затрат на насосных станциях мелиоративного назначения / С. А. Тарасьянц, О. И. Рахьянская, А. С. Тарасьянц, Ю. В. Бандюков, Ю. С. Уржумова, Д. С. Ефимов, Р. Р. Мазанов // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 2 (26). С. 67-75.

10. Рябцев Е. А. Методика критериальной оценки энергоэффективности магистральных насосов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11. № 3. С. 304-309.

11. Черняков С. Е. Общие вопросы расчета и проектирования струйных аппаратов // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 20-23.

12. Ширяев В. Н., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Методика расчёта полной энергии во всасывающих и напорных трубопроводах основных агрегатов на мелиоративных насосных станциях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. № 1 (11). С. 162-173.

Информация об авторах

Уржумова Юлия Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: urzhumovay@mail.ru

Николаенко Дмитрий Васильевич, аспирант кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: anara_profi@mail.ru

Панов Владислав Борисович, аспирант кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111).

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: starasyancz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-65

SUBSTANTIATION OF THE MAIN PARAMETERS OF A GRAVITY COLUMN WHEN CLEANING SOYBEAN SEEDS

V. G. Khamuev, S. A. Gerasimenko

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agro-engineering Center of the All-Russian Institute of Mechanization», Moscow

Received 05.06.2022

Submitted 14.07.2022

Abstract

Introduction. Conducted scientific research on the cleaning of soybean seeds in a gravitational way to improve the quality of cleaning technical and economic indicators of the installation. **The purpose of the study** is to substantiate the main parameters of the gravity column based on the geometric characteristics and gravitational forces using special combs when cleaning soybean seeds. **Materials and Methods.** A gravitational model of a soybean seed cleaning plant was used. The diameter of the comb bars was substantiated when cleaning soybean seeds. The optimal horizontal distance between the combs (log) was determined. The optimal throughput of the column was determined at different feeds (specific loads) of the starting material. **Results and discussion.** The optimal diameter of the comb bars for the gravity column was set at 1.5 mm, while the seed purity was 98.94% and the seed loss was 0.76%. The optimal horizontal distance between the combs was set to 22 mm, with a seed purity of 98.78%, the completeness of particles less than 4.0 mm in column 2 - 78.33%, seed loss in the second column - 0.79%. The optimal values of specific grain loads for combs with a gap between the bars up to 5.0 mm were set equal to 2.5-3.0 kg/(cm²·h).

Key words: *seeds, soybeans, cleaning, sorting, separation, gravity column.*

Citation. Khamuev V.G., Gerasimenko S.A. Substantiation of the main parameters of a gravity column when cleaning soybean seeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 574-583 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-65.

Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.362.322

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРАВИТАЦИОННОЙ КОЛОНКИ ПРИ ОЧИСТКЕ СЕМЯН СОИ

В. Г. Хамуев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
С. А. Герасименко, младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

Дата поступления в редакцию 05.06.2022

Дата принятия к печати 14.07.2022

Актуальность. Проводили научные исследования по очистке семян сои гравитационным способом для повышения качества очистки и технико-экономических показателей работы установки. **Цель исследования** – обосновать основные параметры гравитационной колонки на основе геометрических характеристик и гравитационных сил с помощью специальных гребенок при очистке семян сои. **Материалы и методы.** Использовали гравитационный макетный образец установки для очистки семян сои. Обосновывали диаметр прутков гребёнок при очистке семян сои. Определяли оптимальное горизонтальное расстояние между гребёнками (l_r). Определяли оптимальную пропускную способность колонки при различных подачах (удельных нагрузках) исходного материала. **Результаты и обсуждение.** Установили оптимальный диаметр прутков гребенок для гравитационной колонки – 1,5 мм, при этом чистота семян получена 98,94 %, а потери семян составили 0,76 %. Установили оптимальное горизонтальное расстояние между гребёнками – 22 мм – при чистоте семян 98,78%, полнота выделения частиц менее 4,0 мм по колонке 2 – 78,33 %, потери семян по второй колонке – 0,79 %. Установили оптимальные значения удельных зерновых нагрузок для гребёнок с зазором между прутками до 5,0 мм, они равны 2,5-3,0 кг/(см²·ч).

Ключевые слова: *семена сои, соя, очистка семян, сортировка семян, сепарация семян, гравитационные колонки.*

Цитирование. Хамуев В. Г., Герасименко С. А. Обоснование основных параметров гравитационной колонки при очистке семян сои. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 574-583. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-65.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Стабильное производство селекционных семян сои является основой продовольственной безопасности России среди масличных культур [6, 7, 10, 11]. Осложнением для производства семян служат определенные почвенно-климатические особенности возделываемых площадей [1, 8]. Эти площади находятся в зоне рискованного земледелия, что приводит к повышению влажности и засоренности поступающего материала в селекционные центры от комбайнов. Следствием этого является интенсивное самосогревание и быстрая порча селекционного материала.

Массовые зерноочистительные машины предварительной очистки не способны очищать засоренный и переувлажненный материал семян сои за один проход, так как при первой подаче материала на решето происходит забивание его отверстий не только мелкой примесью, но и половинками семян сои [12-14]. Устройства, предназначенные для очистки решета, не способны избавить решето от забивания [3, 4], поэтому производится разборка машины и отверстия решета пробиваются вручную, затем снова материал подается на очистку, что приводит к значительному увеличению травмирования селекционного материала семян сои.

В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ проводятся исследования гравитационного способа очистки семян сои для создания зерноочистительной машины, способной очищать засоренный и переувлажненный материал семян сои за один проход без травмирования семян [2, 5, 9].

Цель исследования – обоснование основных параметров гравитационной колонки на основе геометрических характеристик и гравитационных сил с помощью специальных гребенок при очистке семян сои.

Материалы и методы. Для исследования была создана имитационная модель вертикальной гравитационной колонки (рисунок 1). Она имеет прямоугольное сечение 84×125 мм и высоту 600 мм. Три её стенки изготовлены из ДСП, а четвертая – из прозрачного органического стекла для наблюдения за процессом очистки. Внутри колонки установлены гребёнки, представляющие собой консольно-закрепленные на общей поверхности в ряд металлические прутки.

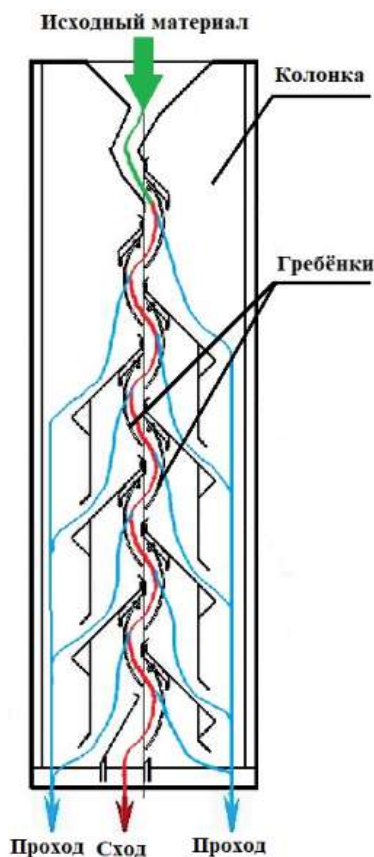


Рисунок 1 – Технологическая схема имитационной модели вертикальной гравитационной очистительной колонки

Figure 1 - Technological scheme of the simulation model of a vertical gravity purification column

Очистка семян в колонке заключается в следующем. Исходный материал подается в колонку сверху и самотеком движется вниз по гребёнкам. Во время движения мелкие частицы проходят через зазоры между прутками и вдоль боковых стенок падают вниз (фракция «проход»), а крупные, скользя по гребёнкам, также опускаются вниз (фракция «сход»), где разделённые фракции собираются в соответствующие ёмкости.

Исходный материал соя сорта «РОСЬ» массой 3 кг влажностью 11,7 % с чистотой 94,22 %, с содержанием примеси 5,78 % (половинки сои, дроблёные семена, шелуха) предварительно разделён на решетках (размерами <2,5; 2,51...3,0; 3,01...3,5; 3,51...4,0; 4,01...4,5; 4,51...5,0; 5,01...5,5; 5,51...6,0; 6,01...6,5; 6,51...7,0; 7,01...7,5; 7,51...8,0; >8,01 мм). Общий вид каждой фракции представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общий вид распределения частиц исходного материала (соя + примеси) по их толщине во фракциях: P – выход фракции, %

Figure 2 – General view of the distribution of particles of the starting material (soybean + impurities) in terms of their thickness in fractions: P - fraction yield, %

Взвешивание полученных фракций производили на электронных весах: GF-600 «AND» d=0,001g; ГАРАНТ ВПН-500У d=0,01кг.

Чтобы установить оптимальные параметры гравитационной колонки, провели несколько экспериментов.

Эксперимент №1. Определяли диаметр прутков гребёнок при очистке семян сои, засоренных мелкими органическими и минеральными примесями, а также мелкими и щуплыми семенами, половинками семян сои, дробленными вдоль и поперёк, при этом оценивали точность разделения исходного материала и фракций «сход» и «проход» на решетках с продолговатыми отверстиями. Фракция «проход» подвергалась ручной разборке, после чего определяли полноту выделения, потери, чистоту и выход фракции. Использовали две колонки по 8 шт. гребёнок в каждой, с прутками Ø1,5 мм (колонка 1) и Ø2,0 мм (колонка 2). Зазор между прутками (z) выбирался из условия, что необходимо выделить как можно больше половинок сои и мелкой примеси. Распределение частиц исходного материала по их толщине во фракциях (рисунок 2) показывает,

что наибольшее количество примеси выделится, если зазор между прутками составит 4,0 мм. Минимальное горизонтальное расстояние между соседними гребёнками (l_z) составляло 15 мм. Прутки гребёнок имели вид кривой радиусом 106 мм.

Эксперимент №2. После выбора диаметра прутков гребёнок определяли оптимальное горизонтальное расстояние между гребёнками (l_z). В гравитационной колонке устанавливали гребёнки на расстоянии l_z равном 15, 22 и 29 мм (колонки 1, 2 и 3 соответственно) с зазорами между прутками $z=4,0$ мм, а диаметр прутков выбирался по результатам первого эксперимента. Фракция «проход» подвергалась ручной разборке, после чего определяли полноту выделения, потери, чистоту и выход фракции. Решетный анализ проводили согласно эксперименту № 1.

Эксперимент №3. В этом эксперименте определяли оптимальную пропускную способность колонки при различных подачах (удельных нагрузках) исходного материала. Расстояние между прутками выбиралось по результатам второго эксперимента. Зазор между прутками (z) выбирался из условия, что необходимо выделить как можно больше половинок сои и мелкой примеси, а также выделить путем калибровки наиболее полноценные семена. Распределение частиц исходного материала по их толщине во фракциях (рисунок 2) показывает, что наибольшее количество примеси выделится, если зазор между прутками составит 4,0 мм, а калибровку примерно необходимо проводить с зазорами между прутками 5,0 и 6,5 мм. В исследованиях с зазорами 4,0 и 5,0 мм решетному анализу, а также ручной разборке (эксперимент № 1) подвергались исходный материал и фракция «проход». В исследовании с зазорами 6,5 мм решетному анализу, а также ручной разборке подвергались исходный материал и фракция «сход». Определяли полноту выделения, потери, чистоту и выход фракции.

Результаты и обсуждение. С учётом движения зернового потока по гребёнкам с постоянной скоростью ($v=2,65-2,93$ м/с) для имитационной модели вертикальной гравитационной очистительной колонки принимаем: форму прутков гребёнок в виде криволинейной поверхности; длину прутков гребёнок – 132 мм; их радиус кривизны – 106 мм; угол наклона кромки криволинейной поверхности гребёнок – 0° ; шаг размещения гребёнок по высоте – 190 мм.

В работах Стрелкова А. А. нет исследований по определению толщины прутков и их влияния на производительность и эффективность сепарации зерновых смесей.

Поэтому согласно методике, описанной выше, были обоснованы следующие конструктивные параметры.

Эксперимент №1. Полученные данные приведены на рисунке 3. На сепарации сои с подачей материала в колонку 1, равной 0,9756 т/ч, колонку 2 – 0,8579 т/ч чистота семян получена 98,94 % и 98,63 %, что попадает в категории ОС и ЭС. Потери семян по первой колонке составили 0,76 %, по второй – 7,82 %. Во второй колонке по сравнению с первой в проход попало больше полноценных семян с поперечным размером зерновок превышающих зазор (4,0 мм), установленный между прутками гребёнок (рис. 3.). Это превышает исходные требования (ИТ) на основные технологические операции (потери не должны превышать 3,0 %) более чем в 2 раза (исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве Елизаров В.П. и др. Министрство сельского хозяйства Российской Федерации). В колонке 1 увеличилась точность классификации частиц. Повысился выход фракции «сход», который относится к семенам, более, чем на 6,5 % ($P_{\text{колонка1}}=94,8$ %; $P_{\text{колонка2}}=87,84$ %). Лучшие результаты получены на колонке 1. В связи с этим все дальнейшие эксперименты проводились с поперечным диаметром прутков гребёнок равным 1,5 мм.

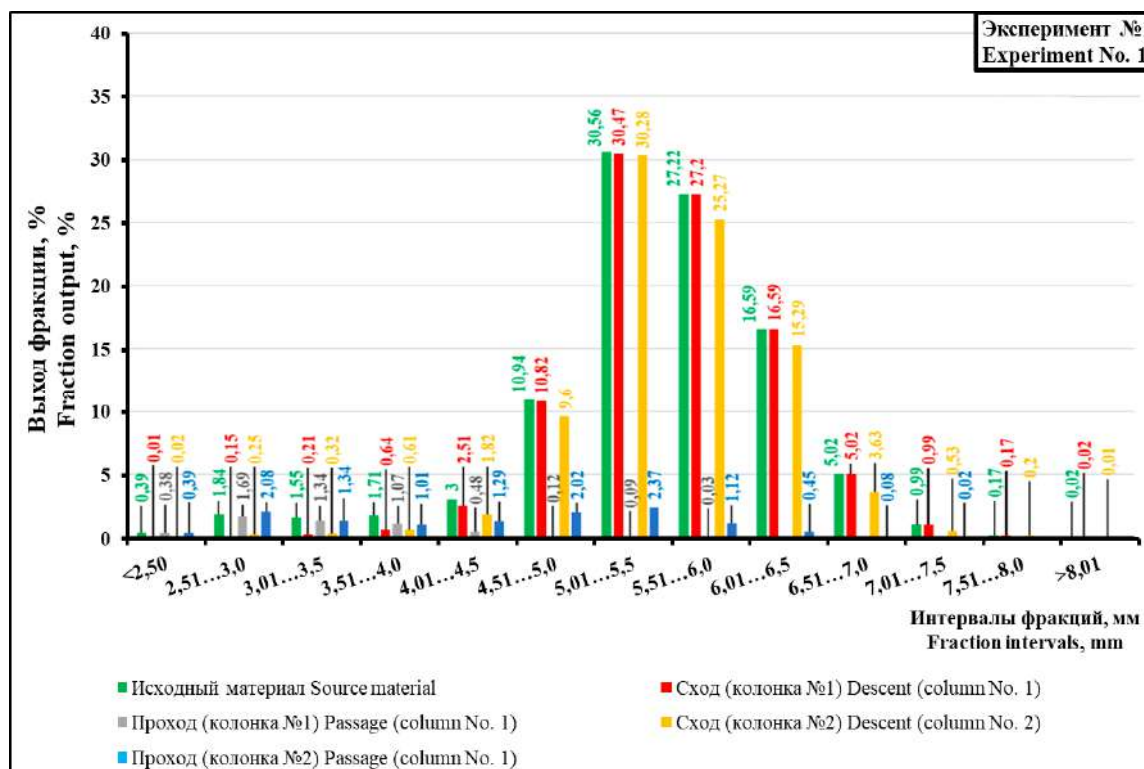


Рисунок 3 – Распределение частиц очищаемого материала по их толщине во фракциях, полученных на гравитационных колонках с различными диаметрами прутков

Figure 3 – Distribution of particles of the material to be cleaned by their thickness in fractions obtained on gravity columns with different diameters of rods

Эксперимент №2. Полученные данные (колонка 1 с $l_z=15$ мм, колонка 2 с $l_z=22$ мм, колонка 3 с $l_z=29$ мм) приведены на рисунке 4. На сепарации сои с подачей материала в колонку 1, равной 0,9756 т/ч, колонку 2 – 1,9829 т/ч и колонку 3 – 3,04932 кг/ч чистота семян получена 98,94 %, 98,78 и 97,45 %, что попадает в категории ОС и ЭС (колонки 1 и 2), а в категорию ниже РС колонка 3 (ГОСТ Р 52325-2005). Потери семян по первой колонке составили 0,76 %, по второй – 0,79 % и по третьей – 1,48 %, что соответствует исходным требованиям на технологические операции. Полнота выделения частиц менее 4,0 мм по колонке 1 составила 81,84 %, колонке 2 – 78,33 % и колонке 3 – 56,61 %. Колонка 3 выделяет недостаточное количество материала, что меньше предъявляемых ИТ (полнота выделения не менее 75 %). Лучшие результаты получены на колонке 2. В связи с этим все дальнейшие эксперименты проводились с поперечным диаметром прутков гребёнок, равным 1,5 мм, и горизонтальным расстоянием между гребёнками 22 мм.

Эксперимент №3. Полученные данные приведены на рисунке 5. На сепарации сои с зазором между прутками гребёнок 4,0 и 5,0 мм (колонки 1 и 2) с увеличением удельной зерновой нагрузки (подачи материала) растёт выход материала во фракцию «проход» и увеличиваются потери материала с размерами большими установленного зазора между прутками гребёнок (z). Так, при $q_{min}=0,79$ кг/(см²·ч) (колонка 1) и $q_{min}=0,75$ кг/(см²·ч) (колонка 2) выход фракции «проход» равнялся 3,24 и 9,66 % с потерями 0,02 и 2,6 % соответственно, при $q_{max}=5,16$ кг/(см²·ч) (колонка 1) и $q_{max}=3,39$ кг/(см²·ч) (колонка 2) с потерями 0,91 и 8,56 % соответственно.

На тех же колонках 1 и 2 с увеличением удельной зерновой нагрузки чистота фракции «сход» (С) и полнота выделения частиц размером менее z (ϵ) растёт до определенного значения, а далее снижается. Так, при $q=2,74$ кг/(см²·ч) (колонка 1) и $q=2,56$ кг/(см²·ч) (колонка 2) C_{max} и ϵ_{max} равнялись 98,7 % и 78,2 % (колонка 1) 94,33 % и 73,12 % (колонка 2) соответственно. Потери при этих значениях q равны 0,59 % (колонка 1) и 6,17 % (колонка 2), что удовлетворяет требованиям операций основной (не более 3,0 %) и окончательной (калибровки не более 10 %) очисток ИТ.

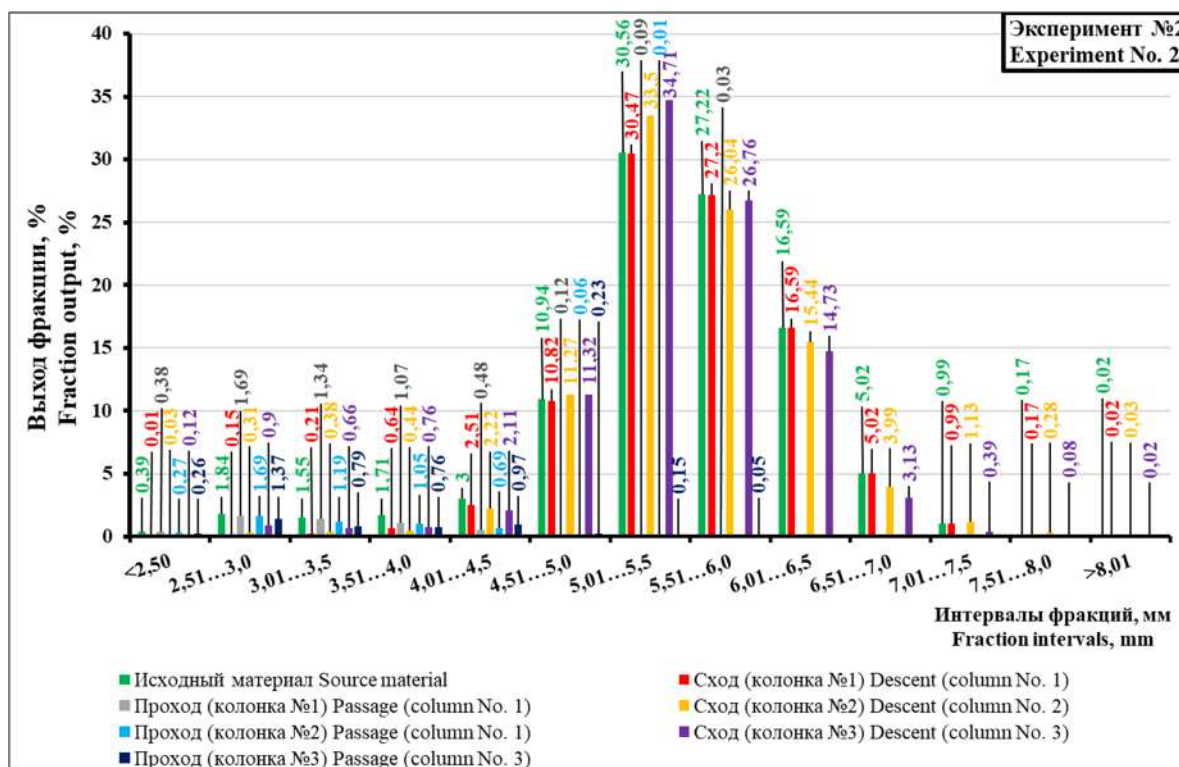


Рисунок 4 – Распределение частиц очищаемого материала по их толщине во фракциях, полученных на гравитационных колонках с различными горизонтальными расстояниями между ними

Figure 4 – Distribution of particles of the material to be cleaned by their thickness in fractions obtained on gravity columns with different horizontal distances between them

Из вышеизложенного следует, что оптимальные значения удельных зерновых нагрузок для гребёнок с зазорами до 5,0 мм, диаметрами прутков 1,5 мм и горизонтальными расстояниями между гребёнками 22 мм равны 2,5-3,0 кг/(см²·ч).

На сепарации сои с зазором между прутками гребёнок 6,5 мм (колонки 3) с увеличением удельной зерновой нагрузки (подачи материала) снижается выход материала во фракцию «сход» и уменьшаются потери материала с размерами, меньшими установленного зазора между прутками гребёнок (z). Так, при $q_{min}=0,83$ кг/(см²·ч) выход фракции «сход» равнялся 18,56 % (не удовлетворяет ИТ не более 10 %) с потерями 13,94 %, при $q_{max}=4,08$ кг/(см²·ч) с потерями 9,96 % (удовлетворяет ИТ).

На той же колонке 3 с увеличением удельной зерновой нагрузки чистота фракции «проход» (С) и полнота выделения частиц размером более z (ϵ) постоянно снижается, в отличие от предыдущих колонок 1 и 2. Тогда, исходя из оптимального соотношения потерь, чистоты и полноты выделения, оптимальная удельная зерновая нагрузка составляет также 2,5-3,0 кг/(см²·ч).

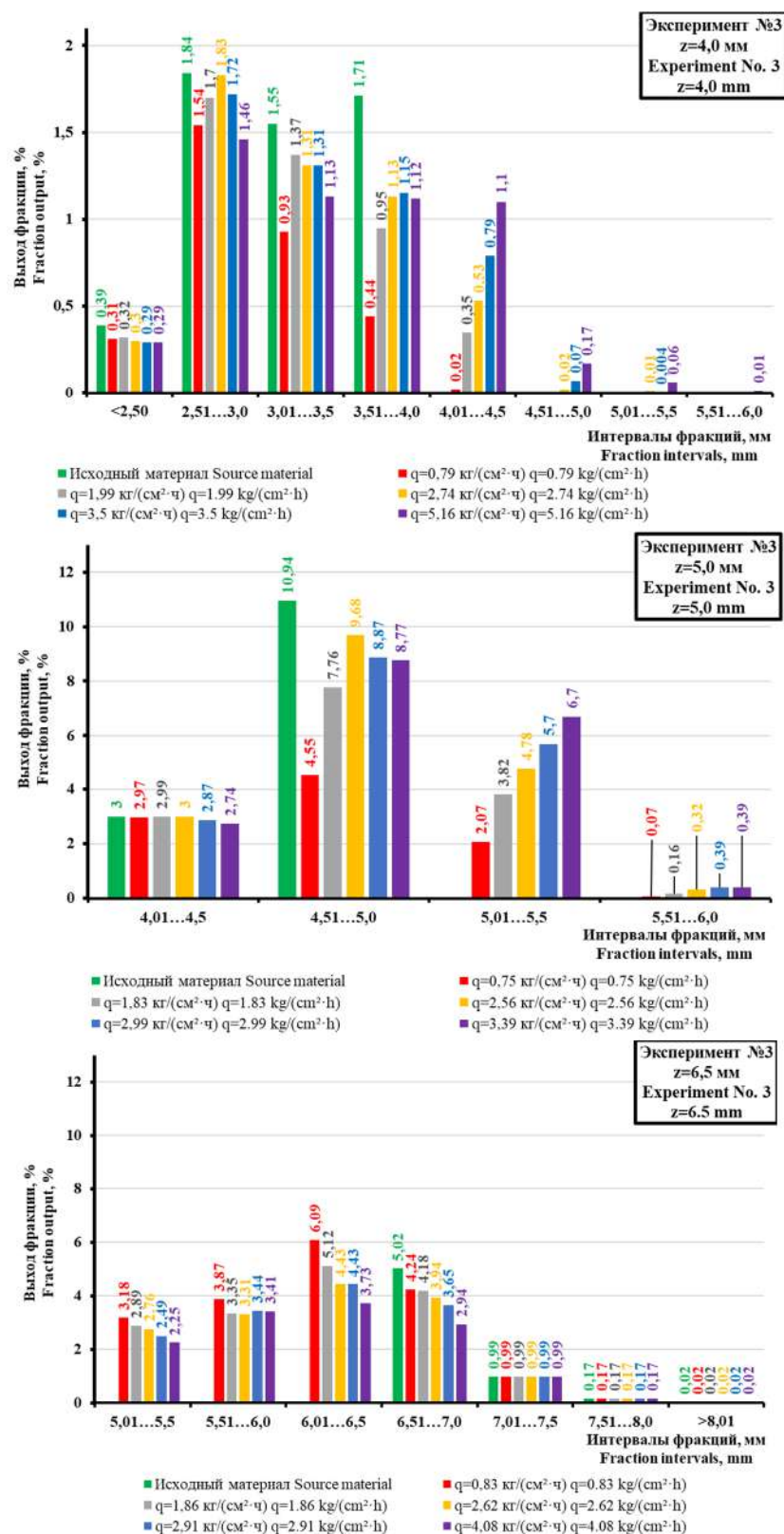


Рисунок 5 – Распределение частиц фракции «проход» по их толщине при разных удельных зерновых нагрузках в гравитационных колонках с различными зазорами между прутками (z)

Figure 5 – The distribution of particles of the “passage” fraction over their thickness at different specific grain loads in gravity columns with different gaps between the bars (z)

Выводы. По результатам расчётов и исследований и с учётом движения зернового потока по гребёнкам с постоянной скоростью ($v=2,65-2,93$ м/с) для очистки семян сои на гравитационной колонке определены конструктивные параметры: оптимальные значения удельных зерновых нагрузок для гребёнок с зазорами до 5,0 мм, диаметрами прутков 1,5 мм, горизонтальное расстояние между гребёнками 22 мм равны 2,5-3,0 кг/(см²·ч).

В опытно-производственных хозяйствах и фирмах в среднем получают около 2000 т сои за сезон. Нормативная годовая загрузка (т) машин для послеуборочной обработки зерна и семян составляет 1000 часов. При заданной производительности машины на калибровке и очистке в 2,5 т/ч удельная нагрузка гребёнки равна 2,5 кг/(см²·ч).

На сепарации сои с зазором между прутками гребёнок 6,5 мм (колонки 3) с увеличением удельной зерновой нагрузки исходя из оптимального соотношения потерь, чистоты и полноты выделения, оптимальная удельная зерновая нагрузка составляет также 2,5-3,0 кг/(см²·ч).

Библиографический список

1. Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Самсонова М. Г. Маш и урд: перспективы возделывания и селекции в российской федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 8. С. 957-966.
2. Гиевский А. М., Шацкий В. П., Харитонов М. К. Обоснование формы лотка делителя зернового вороха многоярусного решетного стана // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 3 (70). С. 18-25.
3. Загоруйко М. Г., Старостин И. А., Коцарь Ю. А. Автоматизированная система управления технологическим процессом зерноочистительной машины // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 93-98.
4. Измайлов А. Ю., Шогенов Ю. Х. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2017. № 7. С. 2-6.
5. Кабашов В. Ю., Туктаров М. Ф., Байназаров В. Г. Экспериментальное исследование зерноочистительной машины с решетным станом продольно-поперечного колебания // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (50). С. 115-120.
6. Каманина Л. А. Влияние агроэкологических факторов на качество семян среднеспелых сортов сои амурской селекции // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 167-171.
7. Литвиненко О. В., Скрипко О. В., Покотило О. В. Исследование особенностей аминокислотного и жирнокислотного состава семян сои амурской селекции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. №6. С. 29-32.
8. Утенков Г. Л., Каличкин В. К. Совершенствование методических подходов к повышению эффективности машинных технологий возделывания зерновых культур в условиях Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 14-17.
9. Хамуев В. Г. Обоснование параметров гравитационной очистительной колонки // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 26-32.
10. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя - экономически выгодная культура // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17-21.
11. Шишхаев И. Я., Делаев У. А., Власенко М. В. Влияние сроков посева сортов сои на потребление азота и качество урожая // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 4. С. 29-32.
12. Analysis the Parameters of Quality Sunflower Hybrid Seed after Processing on Fine Cleaner, Trijer Machine and Gravity Separator / G. Jokić, S. Prole, D. Butaš, A. Sedlar, R. Bugarin, J. Turan // Savremena poljoprivredna tehnika. 2016. N 42. P. 25-38.

13. Effect of Sieve Drum Inclination Angle on Wheat Grain Cleaning in a Novel Rotary Clea / Z. Krzysiak, W. Samociuk, A. Skic, G. Bartnik, J. Zarajczyk, M. Szmigielski, D. Dziki, S. Wierzbicki, L. Krzywonos. 2020. V. 8. 346 p.

14. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds / A. M. Giyevskiy, V. I. Orobinsky, A. P. Tarasenko, A. V. Chernyshov, D. O. Kurilov // 11th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. MEACS December. 2017.

Информация об авторах

Хамуев Виктор Геннадьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), victor250476@yandex.ru

Герасименко Станислав Александрович, младший научный сотрудник "Федерального научного агроинженерного центра ВИМ" (109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), stanislav.mkm@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-66

RESULTS OF THE STUDY OF THE IMPACT ELECTRIC PULSE CURRENT ON THE DREISSEN VELIGERS IN WATER INTAKES OF IRRIGATION SYSTEMS

E. D. Khetsuriani, S.M. Vasiliev

Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, Novocherkassk

Received 24.05.2022

Submitted 05.09.2022

Abstract

Introduction. The article is devoted to the innovative technology of zebra zebra control. The paper presents the results of theoretical substantiation and experimental studies of constructive and technological development for protection against biofouling of water pipes, mechanical equipment of pumping stations and sprinkling equipment, which are the main elements of the reclamation system.

Materials and methods. The studies were carried out on an experimental setup. In this paper, we consider the protection of reclamation water intakes not only as ensuring the uninterrupted water consumption of the reclamation system, but also as a preliminary measure to improve the quality indicators of irrigation water, save electricity, reduce the cost of additional water treatment and increase the service life of the system equipment. **Results and conclusions.** As a result of laboratory studies, the main parameters of the protective design and technological development were determined, which have the maximum effect on veligers, which turned out to be field strength, current density, pulse duration and number of pulses. A scheme of an electropulse device has been developed and experimental studies have been carried out on the electrical inactivation of Dreissena veligers in order to prevent biofouling of water pipes, mechanical equipment of pumping stations and sprinkler equipment. It has been experimentally proved that for the inactivation of zebra mussel in surface water intakes, it is possible to recommend a two-channel electropulse device with the following parameters: voltage - 50 kV, capacitor capacitance - 1 ... 2 μ F, pulse repetition rate - 4 ... 6 Hz. With these parameters, zebra veligers after 9 pulses of exposure after two hours die by 100%. The expediency of conducting research on water disinfection by the electropulse method at surface water intakes is recommended.

Keywords: *Reclamation system, irrigation water, water intake structures, energy saving, shellfish, tiger mussel, dreissen, pumping units, sprinkler machines.*

Citation. Khetsuriani E. D., Vasiliev S.M. Results of the study of the impact electric pulse current on the dreissen veligers in water intakes of irrigation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 583-593 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-66.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 628.161:627.221.2(282.247.36)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ИМПУЛЬСНОГО ТОКА НА ВЕЛИГЕРЫ ДРЕЙССЕНЫ В ВОДОЗАБОРАХ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ****Е. Д. Хецуриани**, кандидат технических наук, доцент**С. М. Васильев**, доктор технических наук, профессор*ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск*

Дата поступления в редакцию 24.05.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

Актуальность. Статья посвящена инновационной технологии борьбы с дрейссеной. В работе приводятся результаты теоретического обоснования и экспериментальных исследований конструктивно-технологической разработки по защите от биообрастания водопроводов, механического оборудования насосных станций и дождевальной техники, являющихся основными элементами мелиоративной системы. **Материалы и методы.** Исследования проводились на экспериментальной установке. В работе защиту мелиоративных водозаборов рассматриваем не только как обеспечение бесперебойного водопотребления мелиоративной системы, но и как предварительную меру улучшения качественных показателей оросительной воды, экономию электроэнергии, сокращение расходов на дополнительную очистку воды и увеличение срока службы оборудования системы. **Результаты и выводы.** В результате лабораторных исследований определены основные параметры защитной конструктивно-технологической разработки, максимально влияющие на велигеры, которыми оказались напряжённость поля, плотность тока, длительность импульса и количество импульсов. Разработана схема электроимпульсного устройства и проведены экспериментальные исследования по электроинаktivации велигеров дрейссены с целью предотвращения биообрастания водопроводов, механического оборудования насосных станций и дождевальной техники. Экспериментально доказано, что для инаktivации дрейссены в водозаборах поверхностных вод можно рекомендовать двухканальное электроимпульсное устройство с параметрами: напряжение – 50 кВ, ёмкость конденсатора – 1...2 мкФ, частота следования импульсов – 4...6 Гц. При таких параметрах велигеры дрейссены после 9 импульсов воздействия по истечении двух часов погибают на 100 %. Рекомендовано проведение исследований по обеззараживанию воды электроимпульсным способом на водозаборах поверхностных вод.

Ключевые слова: мелиоративные системы, оросительная вода, водозаборные сооружения, моллюски, тигровая мидия, дрейссена, насосные агрегаты, дождевальные машины.

Цитирование. Хецуриани Е. Д., Васильев С. М. Результаты исследования воздействия электрического импульсного тока на велигеры дрейссены в водозаборах оросительных систем. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 583-593. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-66.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В процессе эксплуатации водозаборных сооружений происходит снижение производительности насосов, обрастание труб дрейссеной. Этот процесс естественный, обусловлен кольматацией рыбозащитных устройств и прифилтровых зон, отложением солей, в основном в результате химической и электрохимической коррозии. Обследование водоприёмных труб телекамерой подтверждает, что кольматация со временем приводит к полному зарастанию перфорации каркаса фильтра рыбозащит-

ных устройств и является основной причиной снижения производительности водозабора в процессе эксплуатации. Эксплуатация водозаборных сооружений с низкой производительностью, вызванной кольматацией фильтров рыбовозащитных устройств и всасывающих труб дрейссеной, нерентабельна [1-6, 8].

Наибольший вред системе водопотребления мелиоративной системы и энергоснабжения наносит моллюск – речная дрейссена, дрейссена полиморфная, а также близкородственный вид – *Dreissena bugensis*, дрейссена бугская, размер личинки в последней стадии перед оседанием достигает до 250 мкм, что позволяет моллюску беспрепятственно проникать в системы через фильтры [2, 4-6]. Высокая численность личинок и комфортная среда обитания способствуют быстрому зарастанию поверхностей трубопроводов, насосного оборудования, мелиоративных каналов, дождевальных машин и т. д. Развиваясь внутри этих мелиоративных систем водопотребления, дрейссена значительно сужает диаметры трубопроводов, отверстия насадков дождевальных машин, вплоть до их полного блокирования.

По информации на сайте www.usgs.gov, в США наибольшая плотность дрейссены (700 000 шт./м²) была зафиксирована в системе водоснабжения электростанции в штате Мичиган. Диаметр трубопровода при этом был сокращен дрейссеной на 2/3 сечения. По оценкам экспертов конгресса США, дополнительные затраты на техническое обслуживание для удаления дрейссены составили в 1993–1999 гг. более 3 млрд долл.

Применение химических реагентов в открытых водоёмах крайне ограничено вследствие использования воды в питьевом водоснабжении и в орошении сельскохозяйственных культур [1-3, 5, 8], поэтому практически все системы работают без химических реагентов.

Обычно применяется только механическая очистка. Это крайне затратный метод, поскольку требуется остановка работы оборудования всей мелиоративной системы. Также во время механических очисток есть риск повредить элементы системы водопотребления.

Цель работы. Провести экспериментальные исследования по электроинаktivации дрейссены электроимпульсным способом для последующей разработки средств защиты от биообрастания механического оборудования и засорения элементов техники полива.

Материалы и методы. В 2017–2020 гг. была проведена оценка технического состояния водозабора (г. Ставрополь), расположенного на Сенгилеевском водохранилище с подачей кубанской воды по Невинномысскому оросительному каналу.

Водозабор совместно с насосной станцией первого подъёма НС-3 в 1971 г. был построен на свайной платформе площадью 236 м² на расстоянии 80 м от берега водохранилища [2, 3, 8].

Основной проблемой на водозаборном сооружении является обрастание технологического оборудования дрейссеной и, как следствие, снижение эффективности водозабора и увеличение энергозатрат. Дрейссена – двустворчатый моллюск, интенсивно размножаясь в Сенгилеевском водохранилище, является активным фильтратом воды, снижает её мутность, и является ценным кормом для многих рыб и раков. В то же время дрейссена выделяет большое количество азота и фосфора, стимулирующее рост водорослей, попадая в погружные насосы, разрушает их, прикрепляясь колониями на внутренних стенках водоводов и на рыбовозащитных решётках, увеличивает их гидравлическое сопротивление, т. е. препятствует забору воды насосами [1, 2, 4-6].

При работе Невинномысского оросительного канала в трубах и отстойных сооружениях складываются гидродинамические и гидротермические условия, способствующие не только существованию в них моллюска *Dreissena*, но и его высокой ско-

рости роста (проточность, постоянный приток кислорода и питательных веществ). Кроме взрослых моллюсков, их личинки (велигеры), попадая с водой из естественных водоёмов в оросительные каналы, расселяются, вызывая обрастание трубопроводов и технологического оборудования.

В связи с перечисленными выше проблемами возникает необходимость периодической чистки труб в период остановки водозабора, а также разработки прогрессивных методов очистки или предотвращения системы трубопроводов от биообрастаний. Толщина слоя обрастания дрейссеной внутренней или внешней поверхности водопроводов за год составляет 25...50 мм. Борьба с дрейссеной на водозаборе г. Ставрополь осуществляется двумя методами:

- зарыблением, с целью сокращения дрейссены в водохранилище;
- механической очисткой накопительных резервуаров и внешней поверхности водоподъёмных труб.

Через 2–3 года водоподъёмные трубы с обрастаниями внутренней поверхности дрейссеной из-за крайне затратной механической очистки заменяются новыми, так как их пропускная способность снижается в два и более раза. Обрастание зачастую может быть значительным. Это может привести к критическим потерям напора во всасывающей системе водозабора и, как следствие, к нарушению работы насосных станций.

Анализируя вышесказанное, можем сказать, что водозабор не является предвзвешенно водозаборно-очистным сооружением и экологически безопасным сооружением, так как:

- отсутствуют технические средства защиты водозабора от дрейссены;
- зарыбление водохранилища, как показала практика, малоэффективно для борьбы с обрастанием дрейссеной технологического оборудования водозабора.

На водозаборе г. Ставрополь с производительностью 190 тыс. м³/сут из-за отсутствия защитных устройств от биообрастания ежегодно на борьбу с дрейссеной расходуется более 60 млн руб. (издание «Блокнот Ставрополь», 29.12.2020). Указанные обстоятельства требуют разработки инженерно-экологических решений, снижающих негативное воздействие моллюска дрейссены на работу водозаборных сооружений, трубопроводных систем, дождевальных машин и технологического оборудования мелиоративной системы. Для разработки защитного устройства мелиоративных систем от биообрастания проанализированы существующие способы борьбы с дрейссеной. На основе результатов анализа существующих способов защиты от дрейссены обозначились четыре базовых способа: биологический, химический, физико-химический и физический. В таблице 1 представлены положительные и отрицательные стороны характеристик технических способов защиты от дрейссены на мелиоративных системах [1, 2, 7, 8, 10].

Подробно был проанализирован электрогидравлический способ. При электрогидравлическом эффекте (эффект Юткина) в жидкости протекает ток разряда, достигающий десятков и сотен килоампер, наблюдается температура порядка 10 000 К. Благодаря малой сжимаемости жидкости, происходит повышение давления до значений порядка 1000 МПа. Это давление передается во все стороны, создает ударную волну в жидкости. В результате действия такой огромной энергии в воде происходит уничтожение живых организмов. В качестве примера установки электрогидравлического воздействия можно указать «Средство активной защиты акваторий со стабилизированными параметрами электрогидравлического удара» (рисунок 1), авторы: Г. Н. Щербаков, М. А. Анцелевич, Д. Н. Удинцев (патент на изобретение № 2325061).

Таблица 1 – Характеристика способов защиты от дрейссены оборудования
в системах технического водоснабжения

Table 1 – Characteristics of methods of protection against draining of equipment
in technical water supply systems

Способ защиты	Положительные стороны	Отрицательные стороны
Механический	Простота, визуализация выполняемых работ, полная качественная очистка водоводов	Высокая трудоёмкость, затруднительный доступ к биообрастанию, остановка технологического процесса забора воды, повреждение защитного оксидного слоя на внутренней поверхности трубы
Пневматический	Снижение времени очистки в несколько раз	Закупка дополнительного пневматического оборудования, низкая эффективность очистки, повышенный износ стенок водоводов
Термический (подогрев воды)	Высокая эффективность очистки, уничтожение дрейссены происходит без остановки технологического процесса	Большие затраты энергии, дорогостоящее нагревательное оборудование, дополнительные капитальные затраты на установку основного и дополнительного оборудования
Озонирование	Простота конструкции системы озонирования водного потока, высокая скорость уничтожения моллюска – до 2 мин	Закупка озонаторов, окисление стенок трубопровода, повышенные требования по технике безопасности
Электрический фильтр	Высокая эффективность, простота конструкции, большой срок эксплуатации	Необходимо соблюдение требований по технике безопасности при эксплуатации установки, регулярное проведение технического обслуживания
Катодная защита	Высокая эффективность уничтожения взрослой особи дрейссены, простота конструкции, низкая стоимость установки	Соблюдение требований по технике безопасности при эксплуатации установки, наличие нескольких катодных элементов
Электрогидравлический эффект	Простота конструкции, низкая стоимость установки	Влияние на прочность трубопровода, обстановку вблизи водозабора, маленькая зона действия (10...15 см) и низкая эффективность уничтожения моллюска
Ультразвук	Высокая эффективность уничтожения особей дрейссены и её личинок, простота конструкции, низкая стоимость установки	Негативное влияние на биологические организмы вблизи водозабора и на прочность водозаборного сооружения
УФ-излучение	Высокая степень эффективности уничтожения дрейссены, возможность регулирования дозы облучения	Обязательная установка фильтра, маленькая зона действия УФ-излучения, зависящая от мутности воды, большие затраты электроэнергии
Пленкообразующее покрытие	Высокая степень эффективности против обрастания дрейссены, большой срок службы	Большие капитальные вложения, высокая трудоёмкость, возможны токсичные выделения

Главным преимуществом установки электрогидравлического эффекта является создание в зоне обработки высокой температуры и давления при низких затратах электроэнергии. Недостатком электрогидравлического способа является сложность конструкции и малая зона поражения, что затрудняет широкое применение данного метода в водозаборах мелиоративной системы, так как в таких системах водозаборные трубы в основном имеют диаметр сечения от 500...1500 мм. Как следует из анализа используемых в настоящее время способов борьбы с негативным влиянием дрейссены на водо-

провода, ни один из способов не может быть универсальным из-за разнообразия конструкций водозаборных технологических комплексов, климатических и экологических условий. Следовательно, существует необходимость дальнейшего совершенствования способов борьбы с негативным влиянием дрейссены на водозаборах.

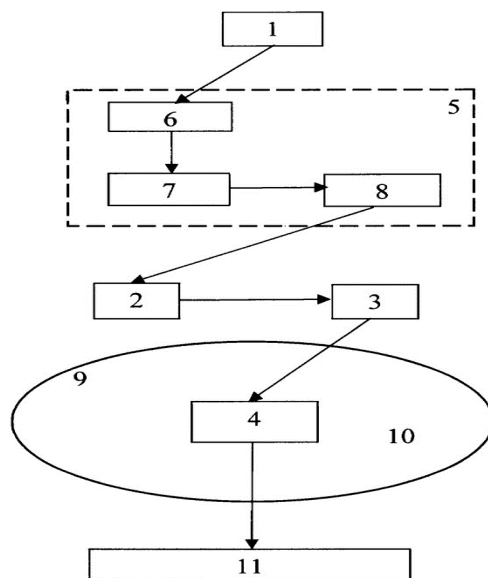


Рисунок 1 – Средство защиты акваторий со стабилизированными параметрами электрогидравлического удара:

1 – источник электрической энергии; 2 – кабельная линия; 3 – соединительное устройство; 4 – линейная часть; 5 – блок формирования импульсов; 6 – зарядное устройство; 7 – накопитель энергии; 8 – коммутатор; 9 – герметичная оболочка; 10 – рабочая жидкость; 11 – живой организм

Figure 1 – A means of protecting water areas with stabilized electrohydraulic shock parameters:
1 – source of electrical energy; 2 – cable line; 3 – connecting device; 4 – linear part; 5 – pulse generation unit; 6 – charger; 7 – energy storage; 8 – switchboard; 9 – sealed shell; 10 – working fluid; 11 – a living organism

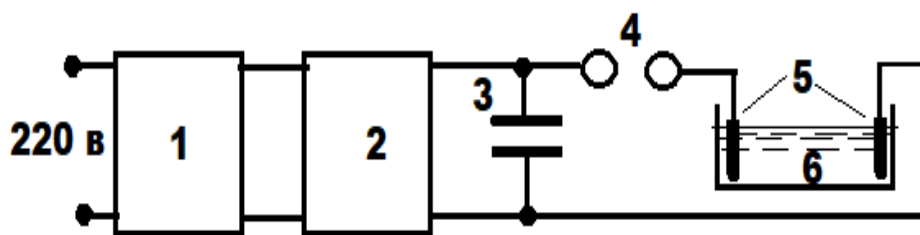


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки:

1 – пульт управления; 2 – высоковольтный трансформатор-выпрямитель; 3 – электрический конденсатор; 4 – воздушный разрядник; 5 – электродные пластины; 6 – разрядная ванна

Figure 2 – Diagram of the experimental setup:
1 – control panel; 2 – high-voltage transformer-rectifier; 3 – electric capacitor; 4 – air arrester; 5 – electrode plates; 6 – discharge bath

Наиболее перспективным способом борьбы с дрейссеной на водозаборах предлагается электроимпульсный способ, поскольку он при соответствующих параметрах электрического импульса полностью уничтожает велигеров на входе в водозабор, не

изменяет химический состав воды, сохраняет пропускную способность водозабора, предотвращает перерасход электроэнергии, имеет простую конструкцию и обладает большой зоной поражения, в чем и заключается его новизна в отличие от электрогидравлического способа Д. А. Юткина.

Для проведения эксперимента по воздействию импульсных токов на дрейссену была изготовлена экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке 2.

Материалы и методы. При достижении на конденсаторе напряжения 30 кВ через воздушный разрядник 5 в разрядной ванне 6 происходит электрический разряд. Внутренние размеры разрядной ванны $D \times Ш \times В - 311 \times 157 \times 210$ мм. Две взаимно противоположные и параллельные стороны ванны, изготовленные из нержавеющей стали, являлись электродами, а другие две стороны ванны, изготовленные из стекла, использовались для визуального наблюдения за велигерами. Геометрия ванны обеспечивала одинаковую плотность разрядного тока во всех точках объема воды.

Для проведения исследований осуществлялся отбор велигеров на зарыбленном Кадамовском пруду (Ростовская область) на расстоянии 3–4 м от берега на глубине не более 1 м с помощью планктонного сачка, изготовленного из капроновой ткани с мелкой ячейкой. Следует отметить, что отбор велигеров в пруду носит сезонный характер, что замедляет исследования, а выращивание велигеров в лабораторных условиях требует больших затрат для создания им практически естественных условий обитания. Был проведен тестовый эксперимент степени воздействия электрических импульсов на велигеров дрейссены и науплий артемии. Эксперимент показал практическую одинаковость результатов реакций велигеров и науплий на электрический импульсный ток, что позволило использовать науплии для научных исследований, так как их подготовка для опытов может проходить в лабораторных условиях в течение 2–3 дней. Практическая одинаковость результатов реакции велигеров и науплий на электрический импульсный ток проверялась отдельным экспериментом на выживаемость велигеров и науплий после контакта с электрическим импульсным током (наблюдения проводились в специально изготовленных аквариумах в течение нескольких суток). Концентрация особей велигеров или науплий в пробах находилась в пределах 50...100 шт. в 1 л воды. Определялась концентрация особей с помощью медицинского шприца объемом 500 мл, куда набирали велигеров (науплий) вместе с водой, из специально изготовленной установки для искусственного выращивания дрейссены, и потом с помощью планктонного сачка, изготовленного из капроновой ткани с мелкой ячейкой сита, процеживались и помещались в литровую колбу с пробной водой.

Тотальный подсчет велигеров (науплий) нерационален, так как оптимизация параметров электрических импульсов определялась по полной гибели велигеров в пробе при минимальных затратах электроэнергии. Наблюдения за гибелью велигеров осуществлялось с помощью лупы, модель «Горизонт 10» увеличение кратное 10, диаметр 30 мм, материал – стекло. Шок определяли визуально в результате осаждения всех велигеров (науплий) на дно экспериментальной установки после включения экспериментальной установки и действия электрических импульсов.

Длительность электрического импульса определялась произведением ёмкости конденсатора на активное сопротивление воды в разрядной ванне, в которой находились велигеры. Измерение активного сопротивления разрядной ванны проводилось на переменном токе с использованием вольтметра (класс точности 0,5) и амперметра (класс точности 0,5). Амплитуда тока при разряде конденсатора определялась делением амплитуды напряжения на конденсаторе на активное сопротивление воды в разрядной ванне, а амплитуда плотности тока определялась делением амплитуды тока на площадь

сечения воды в разрядной ванне. В пробах, в которых после электроимпульсной обработки некоторые велигеры оживали, проводилось визуальное наблюдение в течение нескольких часов.

Результаты и обсуждение. Для эксперимента брались пробы воды из р. Тузлов, осмотической установки, водопроводной и в 10% водном растворе NaCl. Результаты лабораторных исследований по влиянию электрических импульсов на велигеры представлены в таблице 2.

По данным таблицы многофакторный эксперимент проводился при 4 параметрах среды (воды) и 7 параметрах электрического импульса, из которых 3 находились на постоянном уровне, т.е. 8 переменных факторов, в итоге по трем первым опытам получен одинаковый результат (100 % гибель через 2 ч) при этом изменения параметров в опытах отличались на несколько порядков: R от 1155,5 до 37 Ом; I от 26 до 810 А; J от 0,118 до 3,7 А/см²; τ от 578 до 18,5 мкс. Окончательным результатом при 4 параметрах среды (воды) и 7 параметрах электрического импульса явилась полная инактивация велигеров (науплий), при этом оптимизировалось количество импульсов тока, время действия на состояние велигеров и сопротивление среды.

Таблица 2 – Результаты лабораторных экспериментов

Table 2 – Results of laboratory experiments

Среда (вода)	U	C	R	I	J	τ	n	Реакция велигеров
Вода осмотическая	30	0,5	1155,5	26	0,118	578	9	Шок, 100 % гибель через 2 ч
Вода водопроводная	30	0,5	117,6	255	1,15	58,8	9	Шок, 100 % гибель через 2 ч
Вода из р. Тузлов	50	0,5	37	810	3,7	18,5	9	Шок, 100 % гибель через 2 ч
Вода + NaCl, 10 %	30	0,5	1,17	25641	115,8	0,59	9	Живые
Обозначения в таблице: U – напряжение, кВ; C – ёмкость конденсатора, мкФ, R – активное сопротивление воды в разрядной ванне, Ом; I – амплитуда разрядного тока, А; J – плотность тока, А/см ² ; τ – длительность электрического импульса, мкс; n – число импульсов. Notation in the table: U – voltage, kV; C – capacitance of the capacitor, UF, R is the active resistance of the water in the discharge bath, ohms; I is the amplitude of the discharge current, A; J is the current density, A / cm ² ; τ is the duration of the electric pulse, mks; n is the number of pulses.								

Результаты электроимпульсной обработки велигеров показали, что полная инактивация дрейссены после 9 импульсов происходит через два часа. Все велигеры, обработанные в 10 % водном растворе NaCl девятью электрическими импульсами, остались живыми. Этот результат обосновывает экранизацию воздействия электрического тока на велигеры в высокоминерализованной воде.

На рисунке 4 представлены результаты эксперимента в графической форме после электрического шока 3, 6 и 9 импульсами с напряжением 30 кВ в воде из реки Тузлов.

На рисунке 5 представлена предлагаемая схема электроимпульсной установки с турбинным гидроприводом для переоборудования берегового, ковшового или островного водозаборных сооружений.

Принцип работы водозабора: при включении насоса 1 через рыбозащитную решётку 6 и турбину 5 вода с велигерами дрейссены поступает в изолированный водоприёмник 2 с положительными электродами 3 и отрицательными электродами 4, на которые от генератора импульсных токов 8 с заданной частотой подаются электрические импульсы для инактивации велигеров и других водных биотов в водоприёмнике. Турбина 5 вращает щётку 7 для очистки рыбозащитной и сороудерживающей решётки 6. В качестве источни-

ка импульсов тока можно использовать генератор импульсных токов ГИТ50-2,5 х 2/ 4С с техническими характеристиками: напряжение сети 380В; потребляемая мощность 16,5 кВт; энергия на канал разряда 2,5 кДж; количество каналов разряда 2; частота разрядов 4 Гц; выходное напряжение 20 – 50 кВ; габариты В·Ш·Г 1550х775х510 мм; масса 2300 кг.

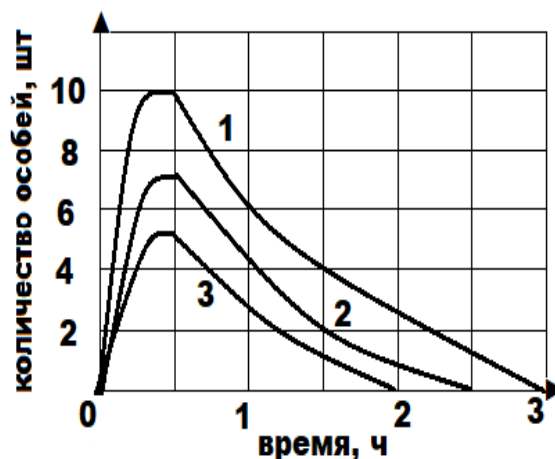


Рисунок 4 – Время существования оживших велигеров после электрического шока в воде реки Тузлов. Количество электроимпульсов: 1 – 3 шт.; 2 – 6 шт.; 3 – 9 шт.

Figure 4 - The lifetime of the revived veligers after an electric shock in the water of the Tuzlov River. Number of electrical impulses: 1 – 3 pcs.; 2 – 6 pcs.; 3 – 9 pcs.

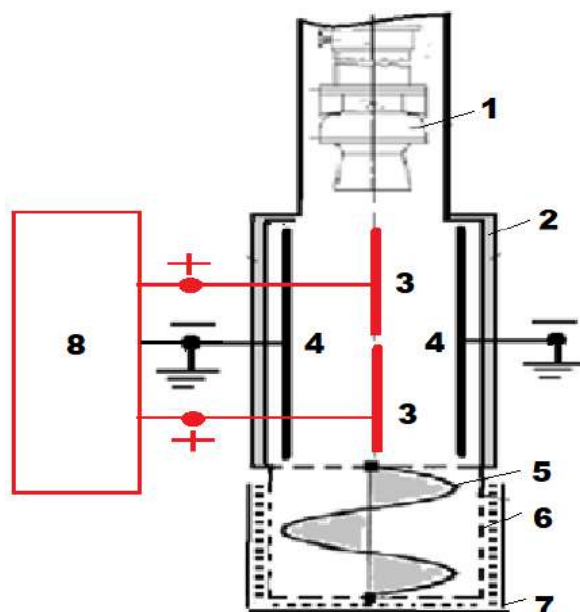


Рисунок 5 - Схема водозабора с электроинактивацией дрейссены: 1 – насос; 2 – водоприёмник электроинактиваций водной биоты; 3 – положительный электрод; 4 – отрицательный электрод; 5 – гидротурбина; 6 – решётка рыбозащитная и сороудерживающая; 7 – щётка для очистки решётки; 8 – генератор импульсных токов

Figure 5 - Scheme of water intake with electric inactivation of dreissena
1 – pump; 2 – water intake with electrical activation of aquatic biota;
3 – positive electrode; 4 – negative electrode; 5 – hydro turbine; 6 – fish-proof and water-retaining grid; 7 – grid cleaning brush; 8 – pulse current generator

Выводы:

1. Результаты статистического анализа данных проведенных лабораторных исследований показали уровень достоверности связи параметров электрических импульсов и их влияния на велигеры дрейссены при основных параметрах электрических импульсов, максимально влияющие на велигеры: напряжённость поля, плотность тока, длительность импульса и количество импульсов.

2. В работе приведены показатели воздействия электрического импульса на велигеры с целью борьбы с негативным влиянием дрейссены в оросительных системах. Результаты эксперимента показали, что для инактивации дрейссены в водозаборах поверхностных вод можно рекомендовать двухканальное электроимпульсное устройство с параметрами: напряжение – 50 кВ, ёмкость конденсатора – 1-2 мкФ, частота следования импульсов – 4 – 6 Гц. При таких параметрах велигеры дрейссены после воздействия девятью импульсами тока по истечении двух часов погибают на 100 %. При различной плотности велигеров в воде, изменений качества воды или условий эксплуатации систем орошения необходимо внести коррекцию частоты импульсов тока.

3. В работе защиту мелиоративных водозаборов рассматриваем не только как обеспечение бесперебойного водопотребления мелиоративной системы, но и как предварительную меру улучшения качественных показателей оросительной воды, экономии электроэнергии на 30-40 %, сокращения расходов на дополнительную очистку воды 40-50 % и увеличения срока службы оборудования системы.

4. Рекомендовано проведение исследований по оптимизации параметров в условиях многофакторного эксперимента и при работе устройства в различной плотности велигеров для практического использования разработки. Подана заявка на полезную модель.

Библиографический список

1. Бондаренко В. Л., Дьяченко В. Б. Оценка экологического состояния бассейновой гео-системы в процессах использования водных ресурсов // Проблемы региональной экологии. 2005. № 2. С. 86-92.
2. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2018 г. // Служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. Астрахань, 2019.
3. Зарубин В. В., Ткачев А. А. Методы водораспределения в каналах оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: сб. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения). Новочеркасск, 2017. С. 229-232.
4. Методологические основы развития специализируемого типа природно-технических систем использования водных ресурсов / Е. А. Семёнова, В. Л. Бондаренко, Е. Д. Хецуриани [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 2 (79). С. 63-73.
5. Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л. Основы методологии создания природно-технических систем по использованию водных ресурсов в многоцелевом водоснабжении городских хозяйств и населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. № 54 (73). С. 148-155.
6. Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л., Хецуриани Т. Е. Оценка главенствующей роли системной целостности в обеспечении экологической безопасности в зонах влияния водозаборного технологического комплекса городского хозяйств // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 9 (717). С. 83-90.
7. Assessment of qualitative indicators of drinking water and their influence on human health, as ecological safety factor of population [Electronic resource] / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Yliasov [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 126. 00067.
8. Development of a decision support system at the stages of pre-project research and design of irrigation systems based on the methodology of functional modeling IDEFo / S. M. Vasiliev, V. Slabunov, O. Voevodin, A. Slabunova // Irrigation and drainage. 2020. Vol. 69. I. 4. P. 546-558.

9. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households [Electronic resource] / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Yliasov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 077053. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/7/077053/pdf>.

10. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Yliasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. № 055040. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055040/pdf>.

Информация об авторах

Хещуриани Елгуджа Демурович, кандидат технических наук, доцент, соискатель ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Российская Федерация (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), e-mail: goodga@mail.ru, тел.: +89515097701.

Васильев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Российская Федерация (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), e-mail: prof-vasilev-73@mail.ru, тел.: +89281887492.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-67

IMPROVEMENT OF THE IRRIGATION SYSTEM FOR THE USE OF DESALINATED DRAINAGE AND WASTE WATER

N. N. Khozhanov, M. S. Mirdadaev

Kazakh Research Institute of Water Management, Kazakhstan

Received 03.05.2022

Submitted 19.07.2022

Abstract

Introduction. The article deals with the issues of reuse of drainage and waste water in the middle course of the Syrdarya River. For desalination of drainage and waste water, crushed natural salt plants (licorice, camel's thorn and others) and 20% concentration of glauconite clay or phosphogypsum are used, which are diluted with drainage and waste water, which helps to obtain the required concentration, which allows, at the exit, to ensure a decrease in the salinity of the drainage and waste water to standard values. **Materials and methods.** When performing laboratory and field studies, a systematic method was used to study ecological and reclamation processes in the root zone of soils of various irrigated agrolandscapes of Kazakhstan, including the justification and selection of the typicality of pilot production plots for research, methods for assessing the quality of water resources, methods for conducting laboratory and field studies, as well as studying the processes of migration of organomineral compounds in the root layer of soils, ion-exchange sorption between the soil solution and the soil-absorbing complex, and the dynamics of the food regime of soils when using mineralized water. **Results and conclusions.** Works on desalination and enrichment of drainage and waste water include the removal of excess salts by mixing drainage and waste water in a certain concentration with glauconite clay together with crushed salt plants. Since the chemical activity of glauconite, due to the peculiarities of the structure and material composition of the mineral, convinces of the presence of great potential as a natural amino silicate, which can serve as the most important material factor in the implementation of the ideas of artificial lithogenesis. It is also known that glauconite has a high measure of chemical inertia, which is confirmed by the presence of a number of buffering factors in them, which, when aluminosilicates are introduced into the medium (soil, water), contribute to mixing the reaction of the medium. An irrigation system is proposed, including water pumps of the first lift, a desalination tank in the form of a trapezoidal canal 50-100 meters long in the middle of which there is a facility where a bio-ameliorant is introduced, containing from a 20% concentration of phosphogypsum or glauconite, cattle manure and camel thorn, provides rational use of irrigated lands. The development of high-tech methods for managing return, collector-drainage, waste and groundwater in the agricultural system will allow improving the ecological and reclamation state of irrigated agriculture, raising the organizational and technical level of watered pastures and increasing the environmentally friendly production of the agro-industrial complex.

Keywords. *Irrigation system, salt regime, salt balance, mineralization, irrigation water, drainage water, concentration, phosphogypsum, glauconite clay.*

Citation. Khozhanov N.N., Mirdadaev M. S. Improvement of the irrigation system for the use of desalinated drainage and waste water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 593-601 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-67.

Author's contribution. 80 by 20 %.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 663.64.626.844

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОПРЕСНЕННОЙ ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ ВОДЫ

Н. Н. Хожанов, кандидат сельскохозяйственных наук

М. С. Мирдадаев, кандидат технических наук

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»,
г. Тараз, республика Казахстан*

Дата поступления в редакцию 03.05.2022

Дата принятия к печати 19.07.2022

Актуальность. Рассмотрены вопросы повторного использования дренажно-сбросных вод в среднем течении р. Сырдарья. Для опреснения дренажно-сбросной воды используются измельченные естественные солеросные растения (солodka голая, верблюжья колючка и другие) и 20 %-ой концентрации глауконитовой глины или же фосфогипса, которые разбавляются дренажно-сбросной водой, что способствует получению требуемой концентрации, позволяющей при выходе обеспечить снижение минерализации дренажно-сбросной воды до нормативных показателей. **Материалы и методы.** При выполнении лабораторно-полевых исследований применен системный метод изучения эколого-мелиоративных процессов в корнеобитаемой зоне почв различных орошаемых агроландшафтов Казахстана, включающий обоснование и выбор типичности опытно-производственных участков для исследований, методы оценки качества водных ресурсов, методику проведения лабораторных и полевых исследований, а также изучение процессов миграции органо-минеральных соединений в корнеобитаемом слое почв, ионообменных сорбций между почвенным раствором и почвенно-поглощающим комплексом и динамики пищевого режима почв при использовании минерализованной воды. **Результаты и обсуждение.** Проработка по опреснению и обогащению дренажно-сбросных вод включает удаление избытка солей путем смешивания дренажно-сбросной воды в определенной концентрации с глауконитовой глиной совместно с измельченными солеросными растениями. Химическая активность глауконита, обусловленная особенностями строения и вещественного состава минерала, убеждает в наличии большого потенциала его как естественного аминосилката, который может служить в качестве важнейшего материального фактора в реализации идей искусственного литогенеза. Известно также, что глауконит в высокой степени обладает химической инерционностью, что подтверждается наличием ряда факторов буферности, а также при внесении в среду (грунт, вода) алюмосиликатов происходит смешение реакции среды. Предлагается оросительная система, включающая водяные насосы первого подъема, опреснительную емкость в виде трапециевидного канала длиной 50-100 метров, в середине которой устроено сооружение, куда вносится биомелиорант, состоящий из 20 %-ной концентрации фосфогипса или глауконита, навоза крупного рогатого скота и верблюжьей колючки, тем самым обеспечивает рациональное использование поливных земель. **Выводы.** Отработка высокотехнологических методов по управлению возвратными, коллекторно-дренажными, сбросными и подземными водами в системе сельского хозяйства позволяют оздоровить эколого-мелиоративное состояние орошаемого земледелия, поднять организационно-технический уровень обводненных пастбищ и увеличить эколого-чистую продукцию агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: оросительные системы, минерализация воды, арычная вода, дренажная вода, фосфогипс, глауконитовая глина.

Цитирование. Хожанов Н. Н., Мирдадаев М. С. Методика расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК.* 2022. 3(67). 593-601. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-67.

Авторский вклад. 80 на 20 %

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Территория Казахстана расположена в четырех климатических зонах – лесостепной, степной, полупустынной и пустынной. Отдаленность от океанов и большая территория обуславливают резко континентальный характер климата Казахстана, его зональность и дефицит осадков. Основные запасы водных ресурсов республики сконцентрированы в поверхностных и подземных источниках. В целом водные ресурсы Казахстана размещены неравномерно по регионам. Так, на восточный район приходится 34,5 % всех водных ресурсов, северный – 4,2 %, центральный – 2,6 %, юго-восточный – 24,1 %, южный – 21,2 %, западный – 13,4 % [4].

Общая площадь Казахстана составляет 272 млн га, и из них в настоящее время 180 млн. га находится под угрозой деградации, что составляет 60 % от общей территории страны. Деградация сопровождается интенсивным засолением почвы, которое приводит к увеличению территории солончаковых пустынных районов во внутренних бессточных бассейнах и засолению орошаемых земель [5]. Из года в год прогрессируют процессы деградации земель, такие как эрозия и дефляция почв (более 30 млн га), засоление почв, химическое загрязнение и осолонцевание почвы (60 млн га), дегумификация пахотных земель (более 10 млн га) [3]. Таким образом, ситуация вынуждает провести исследования направленные на оздоровления деградированных и засоленных почв, поэтому в условиях острого дефицита водных ресурсов необходима разработка альтернативных методов возделывания сельскохозяйственных культур, а именно совершенствование технологии повторного использования минерализованных дренажно-сбросных вод. По статистическим данным, в южных районах Казахстана ежегодный сток дренажной воды составляет порядка 5,5-6,2 млрд м³, что позволяет дополнительно оросить до 1,0 млн га орошаемых земель.

Исходные свойства фосфогипса (ФГ) и их динамика в процессе хранения зависят от природы фосфатной руды, типа и эффективности процесса переработки, способа утилизации, а также возраста, расположения, мощности и проницаемости пород и геологических слоев в основании полигона или отвала, где размещают ФГ. ФГ представляет собой порошкообразный материал, непластичный, состоящий в основном из дигидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (> 90 % гипса) и фторсиликата натрия Na_2SiF_6 . Из-за остаточной фосфорной, серной и плавиковой (следы) кислот, содержащихся в пористом ФГ, он является кислотным побочным продуктом ($\text{pH} < 3$). Отфильтрованный материал содержит 25-30 % влаги. Вертикальная проницаемость ФГ находится в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-5}$ см/с. Содержание свободной воды в ФГ сильно варьирует в зависимости от условий дренирования и местных погодных условий. Растворимость ФГ зависит от его pH и состава растворителя, он обладает высокой растворимостью в морской воде ($\approx 4,1$ г/л). Плотность частиц – в диапазоне от 2,27 до 2,40 г/см³, объемная плотность – от 0,9 до 1,7 г/см³. Хранение высушенного продукта выполняют в хвостохранилище [2] или, после нейтрализации известью, что практикуют в мире [11], в виде пульпы в шламоборнике [6]. В прошлом в отношении использования ФГ были избыточные предубеждения, что сказывается и на текущей ситуации [10]. Утилизация ФГ в мире составляет 15 %: компонент цемента [8], модификатор асфальтового битума [12], наполнитель бесцементных строительных блоков [7], стабилизатор почвы при дорожном строительстве [1]. Остальное количество ФГ попросту сваливается – суша, прибрежные территории, мировой океан (в Европе запрещено с 1998 г.) [9].

Материалы и методы. При выполнении лабораторно-полевых исследований применен системный метод изучения эколого-мелиоративных процессов в корнеобитаемой зоне почв различных орошаемых агроландшафтов Казахстана, включающий обоснование и выбор типичности опытно-производственных участков для исследова-

ний, методы оценки качества водных ресурсов, методику проведения лабораторных и полевых исследований, а также изучение процессов миграции органоминеральных соединений в корнеобитаемом слое почв, ионообменных сорбций между почвенным раствором и почвенно-поглощающим комплексом и динамики пищевого режима почв при использовании минерализованной воды.

Целью исследований является практическое использование дренажно-сбросных вод для орошения сельскохозяйственных культур путем снижения минерализации на основе применения местных материалов фосфогипса, глауконитовой глины, верблюжьей колючки и навоза, которое направлено на рациональное использование природных ресурсов.

Результаты и обсуждение. В условиях дефицита водных ресурсов использование для орошения сельскохозяйственных культур минерализованной коллекторно-дренажной воды позволяет преобразовать сельскохозяйственное производство вне зависимости от капризов природы. По сведениям из литературных источников, для рационального использования оросительной системы предложены многочисленные варианты. Так, например Данильченко Н. В. (Оазисное орошение подземными водами. М.: «Колос», 1983, с.69-72, рис. 6б, рис. 8) предлагает оросительную систему, включающую скважины, водяные насосы первого подъема, трубопроводы, водохранилище и водяные насосы второго подъема. Однако качество подаваемой на орошение воды в данной технологии невысокое, а также большие затраты на снабжение системы электроэнергией.

Задачей настоящего исследования является повышение качества подаваемой на орошение воды и снижение ее расхода, а также уменьшение затрат на энергоснабжение оросительной системы, качественное опреснение коллекторно-дренажной воды, повторно используемой для орошения сельскохозяйственных культур.

Решение названной задачи достигается тем, что оросительная система, включающая водяные насосы первого подъема, опреснительную емкость в виде трапециевидального канала длиной 50-100 метров, в середине которой устроено сооружение, где вносится биомелиорант, состоящий из 20 %-ной концентрации фосфогипса или глауконита, навоза крупного рогатого скота и верблюжьей колючки, обеспечивает рациональное использование оросительной системы.

Сущность исследования поясняется рисунком 1, на котором показана в разрезе предлагаемая оросительная система.

Оросительная система включает 1 (коллекторно-дренажная сеть), 2 (насос подъема коллекторно-дренажной воды), 3 (опреснительная емкость), 4 (сооружение для погружки биомелиоранта), 5 (насос для подачи опресненной воды на внутрихозяйственные оросители), 6 (внутрихозяйственные оросители) и 7 (поле орошения).

Оросительная система работает следующим образом. Вода из коллекторно-дренажной сети закачивается насосом (2) в опреснительную емкость, где заранее в сооружении для погружки биомелиоранта подготовлена расчетная его доза и после 20-25 дней готовую воду можно насосом для подачи опресненной воды подать на внутрихозяйственный ороситель для проведения поливов сельскохозяйственных культур. Для опреснения 1000 м³ дренажно-сбросной воды израсходуется порядка 500 л биомелиоранта, тем самым для поливной площади 10 гектаров при выращивании кукурузы на силос потребуется порядка 6000 м³/га × 10 = 60000 м³ опресненной воды. При этом исходная минерализация коллекторно-дренажной воды, составляющая 0,200–0,400 %, при выходе позволяет снизить до 0,028 – 0,068 % по иону хлора.

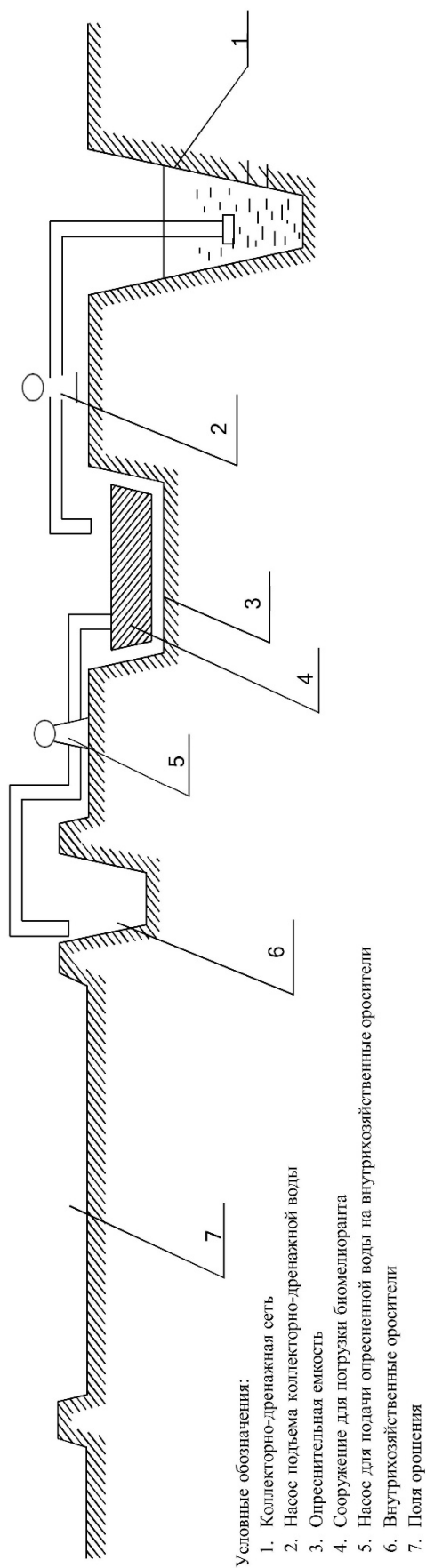


Рисунок 1 – Оросительная система по использованию опресненной дренажно-сбросной воды

Figure 1 – Irrigation system for the use of desalinated drainage and waste water

Предлагаемая оросительная система за счет использования для орошения коллекторно-дренажной воды путем разбавления биомелиоранта обеспечивает уменьшение фильтрационных потерь оросительной воды, позволяет повысить качество подаваемой на орошение воды и снизить ее расход, что сокращает забор речного стока, который может быть направлен на увеличение посевной площади сельскохозяйственных культур.

Оросительная система способствует стабилизации почвенного плодородия орошаемых земель, за счет биомелиоранта улучшается водно-воздушный и тепловой режим почвы, что обуславливает ускорение возврата деградированных участков в сельскохозяйственный оборот и ускоряет процесс внедрения новых направлений по совершенствованию технологических решений и рационального использования водно-земельных и энергетических ресурсов территории.

Наши проработки по опреснению и обогащению дренажно-сбросных вод включают удаление избытка солей путем смешивания дренажно-сбросной воды в определенной концентрации с глауконитовой глиной совместно с измельченными солеросными растениями. Химическая активность глауконита, обусловленная особенностями строения и вещественного состава минерала, убеждает в наличии большого потенциала его как естественного аминосиликата, который может служить в качестве важнейшего материального фактора в реализации идей искусственного литогенеза. Известно также, что глауконит в высокой степени обладает химической инерционностью, что подтверждается наличием в ряду факторов буферности, также при внесении в среду (грунт, вода) алюмосиликатов происходит смешение реакции среды.

Для опреснения дренажно-сбросной воды используются измельченные естественные солеросные растения (солодка голая, верблюжья колючка и другие) и 20 %-ная концентрация глауконитовой глины или же фосфогипса, которые разбавляются дренажно-сбросной водой, что позволяет получить требуемую концентрацию, необходимую для снижения минерализации дренажно-сбросной воды до нормативных показателей.

Лабораторные исследования свидетельствуют о том, что при добавлении на 100 мл минерализованной воды от 10 до 30 мг глауконитовой глины, фосфогипса и биомелиоранта содержание иона-хлора находилось в пределах 0,383-0,400 %, а на вариантах золы, солодки и верблюжьей колючки оно колебалось в пределах 0,118-0,131 %. На 15 день опреснение по иону хлора составило 0,065-0,074 %, а на 30 день – 0,011-0,017 %. Такая же тенденция отмечается и по плотному остатку (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание иона-хлора и плотного остатка, %

Table 1 – Content of chlorine ion and dense residue, %

Вариант биомелиорантов / Variants of biomeliorants	Ион-хлора / Chlorine ion			Плотный остаток / Dense residue		
	1-день 1-day	15-день 15-day	30-день 30-day	1-день 1-day	15-день 15-day	30-день 30-day
1	2	3	4	5	6	7
10 мг на 100 мл минерализованной воды / 10 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,400	0,241	0,085	2,429	2,463	2,445
Фосфогипс Phosphogypsum	0,383	0,233	0,085	2,527	2,629	2,677
Биомелиорант Biomeliorant	0,400	0,233	0,068	2,347	2,227	2,055
Зола /Ash	0,119	0,065	0,011	2,822	1,852	0,710
Солодка Licorice	0,131	0,071	0,014	2,854	1,848	0,748
Верб.колючка Camel 's Thorn	0,128	0,068	0,011	2,948	1,915	0,761
20 мг на 100 мл минерализованной воды / 20 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,400	0,241	0,085	2,130	2,310	2,423

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Фосфогипс Phosphogypsum	0,386	0,236	0,088	2,763	2,827	2,802
Биомелиорант Biomeliorant	0,204	0,113	0,022	2,785	2,036	1,163
Зола Ash	0,118	0,068	0,011	2,934	1,921	0,750
Солодка Licorice	0,131	0,071	0,014	2,914	1,884	0,758
Верб.колючка Camel 's Thorn	0,128	0,071	0,014	2,889	1,884	0,785
30 мг на 100 мл минерализованной воды /30 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,406	0,247	0,088	2,225	2,277	2,299
Фосфогипс Phosphogypsum	0,392	0,238	0,088	2,782	2,905	2,943
Биомелиорант Biomeliorant	0,185	0,105	0,028	2,815	2,089	1,369
Зола Ash	0,128	0,071	0,014	2,479	1,624	0,667
Солодка Licorice	0,128	0,068	0,011	2,892	1,915	0,792
Верб.колючка Camel 's Thorn	0,131	0,074	0,017	2,933	1,942	0,800
Минерализованная вода Mineralized water	0,383			2,463		

По отношению плотного остатка варианты золы, солодки и верблюжьей колючки на 30 день опреснение составляет порядка 0,667-0,800 %, т.е. по классификации минерализации вода переходит от слабоминерализованной к пресной воде. По ирригационному коэффициенту качество воды ($K > 18$), т.е. вода может быть применена как для полива сельскохозяйственных культур, так и для водопоя животных в отгонных пастбищах.

По содержанию иона-сульфата исследуемые варианты свидетельствуют, что в день смешивания ее колебания в зависимости от до биомелиоранта колебались в пределах от 0,802 до 1,862 %. На вариантах глауконита, фосфогипса и биомелиоранта отмечаются тенденции увеличения с наращиванием отстаивания препарата, когда как в вариантах золы, солодки и верблюжьей колючки отмечается резкое снижение иона-сульфата до 0,173-0,307 % (таблица 2).

Это дает нам основание, что при совместном применении указанных препаратов происходит резкое снижение химизма солей в водных ресурсах.

Таблица 2 – Содержание иона- сульфата, % и показатель pH

Table 2 – Sulfate ion content, % and pH

Вариант биомелиорантов / Variant of biomeliorants	Ион-сульфата Ion-sulfate			pH		
	1-день / 1-day	15-день / 15-day	30-день / 30-day	1-день / 1-day	15-день / 15-day	30-день / 30-day
1	2	3	4	5	6	7
10 мг на 100 мл минерализованной воды /10 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,994	1,171	1,344	8,15	7,00	7,10
Фосфогипс Phosphogypsum	1,132	1,317	1,516	8,05	7,18	7,00
Биомелиорант Biomeliorant	0,744	0,856	0,964	8,20	7,12	7,30
Зола Ash	1,835	1,006	0,196	8,30	7,00	7,28
Солодка Licorice	1,800	0,979	0,173	8,22	7,25	7,35
Верб.колючка Camel 's Thorn	1,824	1,002	0,176	8,29	7,23	7,29
20 мг на 100 мл минерализованной воды /20 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,802	1,075	1,344	8,30	7,10	7,25
Фосфогипс Phosphogypsum	1,282	1,447	1,609	8,21	7,20	7,20
Биомелиорант Biomeliorant	1,374	0,825	0,257	8,25	7,10	7,18
Зола Ash	1,862	1,059	0,253	8,15	7,20	7,25
Солодка Licorice	1,800	0,979	0,173	8,14	7,28	7,13
Верб.колючка Camel 's Thorn	1,804	0,998	0,211	8,16	7,13	7,13
30 мг на 100 мл минерализованной воды /30 mg per 100 ml of mineralized water						
Глауконит Glauconitis	0,852	1,067	1,282	8,10	7,05	7,14
Фосфогипс Phosphogypsum	1,294	1,501	1,705	8,14	7,13	7,13

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Биомелиорант Biomeliorant	1,363	0,837	0,307	8,30	7,10	7,00
Зола Ash	1,555	0,902	0,268	8,40	7,24	7,50
Солодка Licorice	1,785	0,983	0,196	8,20	7,15	7,19
Верб.колючка Camel 's Thorn	1,800	1,013	0,226	8,25	7,20	7,40
Минерализованная вода Mineralized water	1,036			8,20		

Предлагаемая технология опреснения минерализованной воды при совмещении глауконитовой глины, фосфогипса и биомелиоранта с верблюжьей колючкой, солодкой может значительно ускорить процесс опреснения. По расчетам следует, что разбавление 100 кг биомелиорантов на 1 тонну минерализованной воды позволяет снизить минерализацию без применения дорогостоящих опреснительных установок.

В мировом водопотреблении доля опресненной воды пока еще очень мала, несмотря на высокий темп строительства опреснителей и рост их мощностей. Но учитывая тенденцию развития техники опреснения и растущую остроту проблемы охраны водной среды надо полагать, что со временем доля опресненной воды будет возрастать. Водные ресурсы каждой географической области вполне определены, и дальнейшие возрастающие потребности в воде можно будет удовлетворить только за счет очистки и повторного использования сточных вод и опреснения минерализованных вод. Возможно, уже в самом ближайшем будущем методы очистки и опреснения воды займут важнейшее место в сельскохозяйственном строительстве многих стран.

Выводы. Обработка высокотехнологических методов по управлению возвратными, коллекторно-дренажными, сбросными и подземными водами в системе сельского хозяйства позволит оздоровить эколого-мелиоративное состояние орошаемого земледелия, поднять организационно-техническую уровень обводненных пастбищ и увеличить экологически чистую продукцию агропромышленного комплекса.

Таким образом, предлагаем для использования данной технологии построить малую оросительную систему с площадью до 300 гектаров, которая позволит рационально использовать водно-земельные и энергетические ресурсы местности (рисунок 1).

Библиографический список

1. Горлов А. А., Кречетов П. П., Рогова О. Б. Изменение химического состава почв под влиянием фосфогипса // XXIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016». 2016. С. 34-35.
2. Лапшина И. З., Тургумбаева Х. Х., Бейсекова Т. И. Физико-химические свойства фосфогипса, размещенного на отвале Жамбылского завода минеральных удобрений // Промышленность Казахстана. 2012. № 5. С. 56-58.
3. Медеу А. Р. Республика Казахстан. Ч. 3. Окружающая среда и экология. Алматы: Print-S, 2010. 520 с.
4. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2011-2014 годы.
5. Орлова М. А., Сапаров А. С. Глобальный саморегулируемый круговорот солей в природе. Алматы: Полиграфия-SERVIS K°, 2009. 209 с.
6. Экологические и агроэкономические аспекты применения фосфогипса в сельском хозяйстве / С. В. Кизинек, А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова, М. Ю. Локтионов, А. Н. Лиманский // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. Т. 2. № 9 (13). С. 206-216.
7. A novel Two-step Hydration Process of preparing cement-free non-fired bricks from waste phosphogypsum / Zhou Jun, Dongxue Yu, Zhu Shu, Tiantian Li, Yun Chen, Yanxin Wang // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 73. P. 222-228.

8. Calcium sulphoaluminate cements made with phosphogypsum: Production issues and material properties / Shen Yan, Jueshi Qian, Junqing Chai, Yunyan Fan // Cement and Concrete Composites. 2014. Vol. 48. P. 67-74.

9. Contamination and restoration of an estuary affected by phosphogypsum releases / M. Villa, F. Mosqueda, S. Hurtado, J. Mantero, G. Manjón, R. Periañez, F. Vaca, R. García-Tenorio // Science of The Total Environment. 2009. V. 408. I. 1. P. 69-77.

10. Craig Peppin, Carlson Carrie Challenges in Processing Phosphates. FEECO International. <http://feeco.com>.

11. Environmental impact and management of phosphogypsum (Review) / T. Hanan, M. Choura, F. A. López, F. J. Alguacil, A. López-Delgado. Madrid, 2012.

12. Valorization of phosphogypsum waste as asphaltic bitumen modifier / A. A. Cuadri, F. J. Navarro, M. García-Morales, J. P. Bolívar // Journal of Hazardous Materials. 2014. Vol. 279. P. 11-16.

Информации об авторах

Хожанов Ниегбай Нуржанович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, отдел «Мелиорация, экология и водоснабжения» ТОО «Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства», г.Тараз, ул. К.Койгельды,12.

Мирдадаев Миробит Салимович, кандидат технических наук, заведующий отделом «Мелиорация, экология и водоснабжения» ТОО «Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства», г.Тараз, ул. К.Койгельды,12.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-68

OPTIMIZATION OF THE MAIN DESIGN PARAMETERS OF THE VEHICLE FOR LOADING, TRANSPORTATION AND UNLOADING THE ROLLS OF HAY

S.Yu. Fandeev, A.I. Ryadnov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 15.07.2022

Submitted 25.08.2022

The reported study was funded by RFBR, project number 20-38-90255

Summary

The results of optimization of the main design parameters of the loading device of an experimental vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls are presented. According to the optimization criterion – the maximum probability of successful loading of hay rolls onto the cargo platform of the vehicle, the following parameters are optimized: the lengths of the middle and lower beams, the angles between the upper and middle, as well as between the lower and middle beams.

Abstract

Introduction. Increasing the efficiency of the use of means for loading, transporting and unloading agricultural goods is inextricably linked with the development and implementation in automobile and tractor transport of various design solutions that increase its productivity and reliability, reduce energy consumption, energy storage for further use when overcoming possible obstacles, reduce labor costs when loading and unloading transported cargo with the exception of its losses and minimizing damage. Significant labor costs are incurred for loading and unloading and transportation work during harvesting of agricultural crops, including when harvesting hay compressed into rolls. Currently, developed or improved machines that load, transport and unload hay rolls without the use of additional technical means, as a rule, improve one or more of the above indicators of their use, but at the same time they must perform the specified functions with high quality. One of such functions of vehicles for loading, transporting and unloading hay rolls is a high probability of successful loading of hay rolls onto the cargo platform of the vehicle. It is possible to solve such a problem if the design parameters of the loading device of the vehicle will have optimal values from the point of view of the selected optimization criterion. **The purpose of this work** – is to optimize the main design parameters of an experimental vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls. **Materials and methods.** For experimental studies, the developed vehicle was used for loading, transporting and unloading rolls mainly of hay-straw materials on

loading rolls of hay from Sudanese grass formed by balers PR-110M and PPR-120 RSM. The weight of hay rolls was equal to 145-149 kg (PR-110M) and 246-250 kg (PR-120 RCM). Preliminary experimental studies of the developed vehicle showed the need to optimize the design parameters of its loading device based on the implementation of the Rechtschafner plan. The optimization criterion is chosen – the probability of successful loading of the roll onto the cargo platform of the vehicle (P_r) and the optimized parameters of the loading device: the length of the middle L_1 and the length of the lower beams L_2 , the angle α between the upper and middle beams, as well as the angle β between the lower and middle beams.

Results and conclusions. Based on the implementation of the Rechtschafner plan, the regression equation $y = 98.1 + 2.7x_1 + 2.5x_2 - 1.2x_3 + 1.0x_4 - 0.6x_1x_2 + 0.5x_1x_3 - 0.5x_1x_4 + 0.4x_2x_3 - 0.3x_2x_4 + 0.3x_3x_4 - 2.2x_1^2 - 1.7x_2^2 - 1.2x_3^2 - 0.8x_4^2$. The adequacy of the obtained mathematical model is proved. To analyze the optimized parameters, the resulting mathematical model was reduced to a typical canonical form: $P_y - 99.8 = -2.4x_1^2 - 1.8x_2^2 - 1.1x_3^2 - 0.6x_4^2$, which made it possible to construct two-dimensional sections. The optimal ranges of the studied parameters of the loading device of the developed vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls are determined by two-dimensional sections. The developed design of a vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls will ensure the maximum probability of loading hay rolls onto a cargo platform ($P_r = 99.7\%$) when manufacturing a loading device with optimal parameters: the length of the middle beam $L_1 = 0.67 \dots 0.73$ m, the length of the lower beam $L_2 = 0.265 \dots 0.325$ m, the angle between the upper and middle beams $\alpha = 126^\circ \dots 129^\circ$, the angle between the lower and middle beams $\beta = 168^\circ \dots 171^\circ$.

Key words: vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls, design parameters of the vehicle, optimization, optimization criterion.

Citation. Fandeev S.Yu., Ryadnov A.I. Optimization of the main design parameters of the vehicle for loading, transportation and unloading the rolls of hay. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 601-612 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-68.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.372

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПОГРУЗКИ, ПЕРЕВОЗКИ И РАЗГРУЗКИ РУЛОНОВ СЕНА

С. Ю. Фандеев, младший научный сотрудник

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.07.2022

Дата принятия к печати 25.08.2022

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20-38-90255.*

Актуальность. Повышение эффективности использования средств для погрузки, транспортировки и разгрузки сельскохозяйственных грузов неразрывно связано с разработкой и внедрением в автомобильном и тракторном транспорте различных конструкторских решений, обеспечивающих повышение его производительности и надежности, снижение потребляемой энергии, накопление энергии для дальнейшего использования ее при преодолении возможных препятствий, сокращение затрат труда при погрузке и разгрузке транспортируемого груза с исключением его потерь и минимизацией повреждений. Существенные затраты труда приходятся на погрузочно-разгрузочные и транспортные работы при уборке сельскохозяйственных культур, в том числе и при уборке сена, спрессованного в рулоны. В настоящее время разработанные или усовершенствованные машины, выполняющие погрузку, транспортировку и разгрузку

рулонов сена без использования дополнительных технических средств, как правило, улучшают один или несколько указанных выше показателей их использования, но при этом они должны с высоким качеством выполнять заданные функции. Одна из таких функций исследуемого средства – высокая вероятность успешной погрузки рулонов сена на грузовую платформу транспортного средства. Решить такую задачу возможно, если конструктивные параметры погрузочного устройства транспортного средства будут иметь оптимальные значения с точки зрения выбранного критерия оптимизации. **Цель настоящей работы** – оптимизация основных конструктивных параметров экспериментального транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена. **Материалы и методы.** Для экспериментальных исследований использовано разработанное транспортное средство на погрузке рулонов сена из суданской травы, сформированных пресс-подборщиками ПР-110М и ППР-120 РСМ. Масса рулонов сена равнялась 145-149 кг (ПР-110М) и 246-250 кг (ППР-120 РСМ). Предварительные экспериментальные исследования разработанного транспортного средства показали необходимость выполнения оптимизации конструктивных параметров его погрузочного устройства на основе реализации плана Рехтшафнера. Выбран критерий оптимизации – вероятность успешной погрузки рулона на грузовую платформу транспортного средства (P_r) и оптимизируемые параметры погрузочного устройства: L_1 – длина средней балки, L_2 – длина нижней балки, α – угол между верхней и средней балками, β – угол между нижней и средней балками. **Результаты и обсуждение.** На основе реализации плана Рехтшафнера получено уравнение регрессии $y = 98,1 + 2,7x_1 + 2,5x_2 - 1,2x_3 + 1,0x_4 - 0,6x_1x_2 + 0,5x_1x_3 - 0,5x_1x_4 + 0,4x_2x_3 - 0,3x_2x_4 + 0,3x_3x_4 - 2,2x_1^2 - 1,7x_2^2 - 1,2x_3^2 - 0,8x_4^2$. Доказана адекватность полученной математической модели. Для анализа оптимизируемых параметров полученную математическую модель привели к типовой канонической форме: $P_y - 99,8 = -2,4x_1^2 - 1,8x_2^2 - 1,1x_3^2 - 0,6x_4^2$, которая позволила построить двумерные сечения. По двумерным сечениям определены оптимальные диапазоны исследуемых параметров погрузочного устройства разработанного транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена. **Выводы.** Предложенная конструкция транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена обеспечит максимальную вероятность погрузки рулонов сена на грузовую платформу ($P_r = 99,7\%$) при изготовлении погрузочного устройства с оптимальными параметрами: $L_1 = 0,67 \dots 0,73$ м, $L_2 = 0,265 \dots 0,325$ м, $\alpha = 126^\circ \dots 129^\circ$, $\beta = 168^\circ \dots 171^\circ$.

Ключевые слова: погрузка рулонов сена, перевозка рулонов сена, конструктивные параметры транспортных средств, транспортировка рулонов сена.

Цитирование. Фандеев С. Ю., Ряднов А. И. Оптимизация основных конструктивных параметров транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 601-612. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-68.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сбор урожая при возделывании и уборке сельскохозяйственных культур является завершающей и наиболее затратной операцией. В процессе уборки урожая существенны затраты средств и труда на транспортные операции [3, 7], а также на работы, связанные с погрузкой и разгрузкой транспортируемого груза [1]. Повышение эффективности использования средств для погрузки, транспортировки и разгрузки сельскохозяйственных грузов неразрывно связано с разработкой и внедрением в автомобильном и тракторном транспорте различных конструкторских решений, обеспечивающих повышение его производительности [12] и надежности [5, 9], снижение потребляемой энергии [13], накопление энергии для дальнейшего использования ее при преодолении возможных препятствий [16], сокращение затрат труда при погрузке [2, 8] и разгрузке [10] транспортируемого груза с исключением его потерь и минимизацией повреждений [3, 7, 11, 14].

Разработанные или усовершенствованные транспортные машины сельскохозяйственного назначения, позволяющие улучшить один или несколько указанных выше показателей их использования, должны иметь оптимальные геометрические и (или) режимные параметры с точки зрения выбранного критерия оптимизации.

В настоящее время используются различные методы оптимизации конструктивных параметров машин, среди которых можно отметить метод, основанный на теории конечных элементов [15], и параметрическую оптимизацию, выполненную с использованием компьютерных экспериментов [6]. Однако при оптимизации конструктивных параметров устройств и систем весьма часто экстремум исследуемого критерия оптимизации рассматривается как функция показателей, не имеющих аналитического выражения. В этом случае наиболее приемлем метод регрессионного анализа, предложенный Дегтяревым Ю. П. (Дегтярев Ю. И. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов / Ю. И. Дегтярев. М.: Советское радио, 1980. 272 с.).

При разработке и усовершенствовании транспортных средств для транспортировки сельскохозяйственной продукции необходимо, как отмечалось выше, уделять внимание, в частности, вопросу снижения затрат труда.

Актуальным в настоящее время является вопрос развития крупного рогатого скота, одним из обязательных кормов для которого является грубый корм. Сено – один из наиболее распространенных видов грубого корма для крупного рогатого скота. Его заготавливают в рассыпном виде, а также в спрессованном в тюки или рулоны. Следует отметить, что процесс заготовки сена с прессованием его в тюки или рулоны полностью механизирован и потери сухого вещества существенно снижаются по сравнению с заготовкой сена в рассыпном виде [4].

В связи с этим для решения задачи снижения затрат труда при заготовке спрессованного в рулоны сена нами предложено транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов преимущественно из сенокосомистых материалов (патент РФ на изобретение №2728961), (рисунк 1).



Рисунок 1 – Экспериментальное транспортное средство

Figure 1 – Experimental vehicle

Предложенное устройство позволяет выполнять погрузку рулонов сена в транспортное средство на ходу, без остановок перед загружаемыми рулонами, транспортировку и выгрузку их в местах хранения. Однако, как показали предварительные исследования, требуется оптимизация некоторых конструктивных параметров его механизмов и систем.

Цель настоящей работы – оптимизация основных конструктивных параметров экспериментального транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена.

Материалы и методы. Для экспериментальных исследований использовано разработанное транспортное средство на погрузке рулонов сена из суданской травы, сформированных пресс-подборщиками ПР-110М и ППР-120 РСМ. Масса рулонов сена равнялась 145-149 кг (ПР-110М) и 246-250 кг (ППР-120 РСМ).

Предварительные экспериментальные исследования разработанного транспортного средства показали необходимость выполнения оптимизации конструктивных параметров его погрузочного устройства на основе реализации плана Рехтшафнера.

Требовалось определить диапазон возможного изменения конструктивных параметров, при котором рулон сена подается на погрузочное устройство, удерживается на нем, перемещается на грузовую платформу транспортного средства, и постепенно перекачивается в направлении заднего борта (рисунок 2). При этом вероятность успешной погрузки рулона на грузовую платформу транспортного средства (P_r) должна быть максимальной. Это требование предопределило выбор в качестве критерия оптимизации показатель P_r .

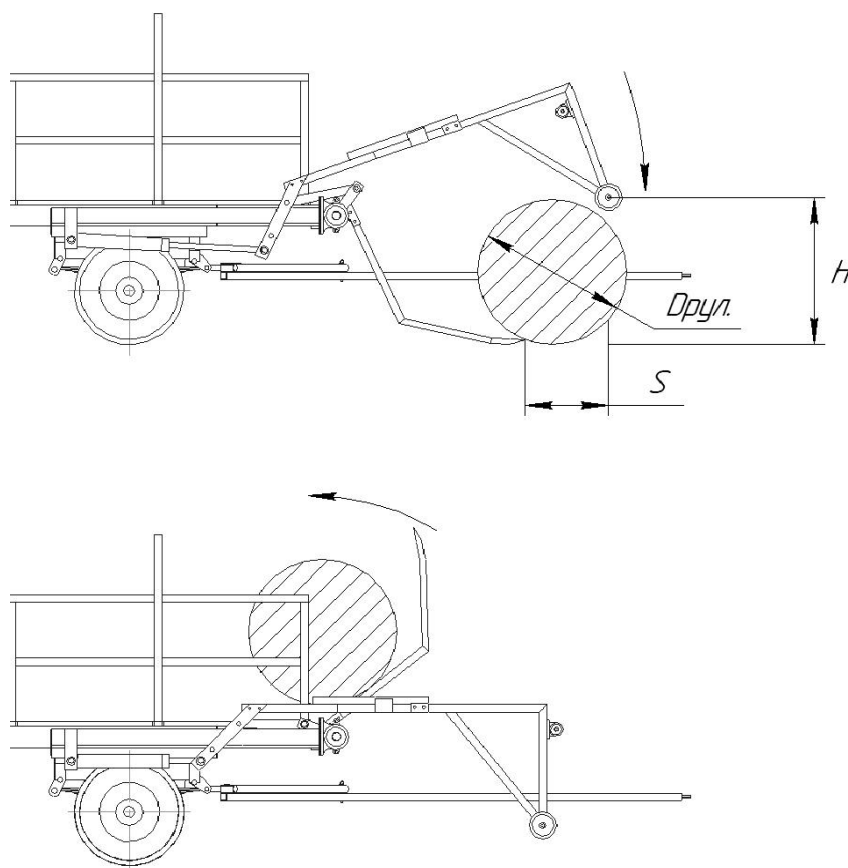


Рисунок 2 – Схема перемещения рулона на грузовую платформу транспортного средства

Figure 2 – Diagram of moving the roll onto the cargo platform of the vehicle

На основе предварительных экспериментальных исследований транспортного средства и с учетом выбранного критерия оптимизации определены следующие оптимизируемые параметры погрузочного устройства: L_1 – длина средней балки, L_2 – длина нижней балки, α – угол между верхней и средней балками, β – угол между нижней и средней балками (рисунок 3).

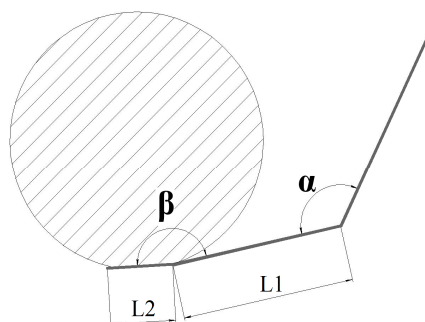


Рисунок 3 – Оптимизируемые параметры погрузочного устройства

Figure 3 – Optimized parameters of the loading device

Значения оптимизируемых параметров по уровням варьирования и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимизируемые параметры, уровни и интервалы их варьирования

Table 1 – Optimized parameters, levels and intervals of their variation

Оптимизируемые параметры	Значения оптимизируемых параметров по уровням варьирования			Выбранный интервал варьирования параметра, α_i
	-1	0	+1	
$x_1 = \alpha$, град.	105	120	135	15
$x_2 = \beta$, град.	145	160	175	15
$x_3 = L_1$, мм	550	750	950	200
$x_4 = L_2$, мм	100	250	400	150

Таким образом, выбрано четыре основных оптимизируемых параметра погрузочного устройства, реализация которых в конструкции обеспечит максимальную вероятность успешной погрузки рулонов сена на грузовую платформу транспортного средства.

Результаты и обсуждение. Оптимизация выбранных конструктивных параметров разработанного транспортного средства осуществлялась на основе реализации плана Рехтшафнера.

Получено уравнение регрессии (1):

$$y = 98,1 + 2,7x_1 + 2,5x_2 - 1,2x_3 + 1,0x_4 - 0,6x_1x_2 + 0,5x_1x_3 - 0,5x_1x_4 + 0,4x_2x_3 - 0,3x_2x_4 + 0,3x_3x_4 - 2,2x_1^2 - 1,7x_2^2 - 1,2x_3^2 - 0,8x_4^2 \quad (1)$$

Адекватность математической модели проверялась по критерию Фишера [Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях с.-х. процессов // Л.: Колос, 1980. 168 с.]:

$$F = \frac{D_{ad}^2}{D^2(y)} \quad (2)$$

где $D^2(y) = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \sum_{q=1}^n [y_{iq} - \bar{y}_i]^2 \right)}{N(n+1)}$ – дисперсия ошибки опыта; $D_{ad}^2 = \frac{n \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2}{(N - [k+1])}$ – дисперсия неадекватности модели; y_i – случайная величина, рассчитанная по математической зависимости; y_{iq} – значение i -той величины в q -том опыте; n – количество итераций опыта; N – число строк матрицы плана; k – количество факторов.

Расчеты показали, что математическая модель адекватна, так как выполняется необходимое условие $F_{0,05} > F$ (где $F_{0,05} = 2,1646$ и $F = 0,9303$ – соответственно значения критерия Фишера при уровне значимости 5 % и расчетное).

По программе, представленной в работе Дегтярева Ю. П. [Дегтярев Ю. И. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов // М.: Советское радио, 1980. 272 с.], определены оптимальные значения выбранных параметров транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимальные значения основных параметров транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена

Table 2 – Optimal values of the main parameters of the vehicle for loading, transporting and unloading hay rolls

Оптимизируемый параметр	Оптимальные значения параметров*
x_1 , град.	$\frac{0,47}{127}$
x_2 , град.	$\frac{0,6}{169}$
x_3 , мм	$\frac{-0,28}{694}$
x_4 , мм	$\frac{0,32}{298}$

* в числителе даны значения параметров в кодированном виде, а в знаменателе – в раскодированном.

С целью анализа оптимизируемых параметров математическую модель (1) привели к типовой канонической форме:

$$P_y - 99,8 = -2,4x_1^2 - 1,8x_2^2 - 1,1x_3^2 - 0,6x_4^2. \quad (2)$$

Для определения диапазонов оптимальных значений исследуемых параметров работанного транспортного средства построены двумерные сечения (рисунки 4-9). При построении двумерных сечений использована информация, представленная в таблице 3.

Таблица 3 – Информация к построению двумерных сечений

Table 3 – Information for the construction of two-dimensional sections

№ п/п	Параметры, относительно которых исследуются вероятность Pr	Значения параметров, устанавливаемых на оптимальном уровне (в соответствии с данными таблицы 2)	№ рисунка, на котором показаны результаты расчетов
1	x_1 и x_2	$x_3 = -0,28$ и $x_4 = 0,32$.	4
2	x_1 и x_3	$x_2 = 0,6$ и $x_4 = 0,32$.	5
3	x_1 и x_4	$x_2 = 0,6$ и $x_3 = -0,28$.	6
4	x_2 и x_3	$x_1 = 0,47$ и $x_4 = 0,32$.	7
5	x_2 и x_4	$x_1 = 0,47$ и $x_3 = -0,28$.	8
6	x_3 и x_4	$x_1 = 0,47$ и $x_2 = 0,6$.	9

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 4), определили, что оптимальные значения параметров x_1 и x_2 находятся соответственно в диапазонах: $x_1 = 0,4 \dots 0,6$ и $x_2 = 0,5 \dots 0,7$.

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 5), определили, что оптимальные значения параметров x_1 и x_3 находятся соответственно в диапазонах: $x_1 = 0,4 \dots 0,6$ и $x_3 = -0,4 \dots -0,1$.

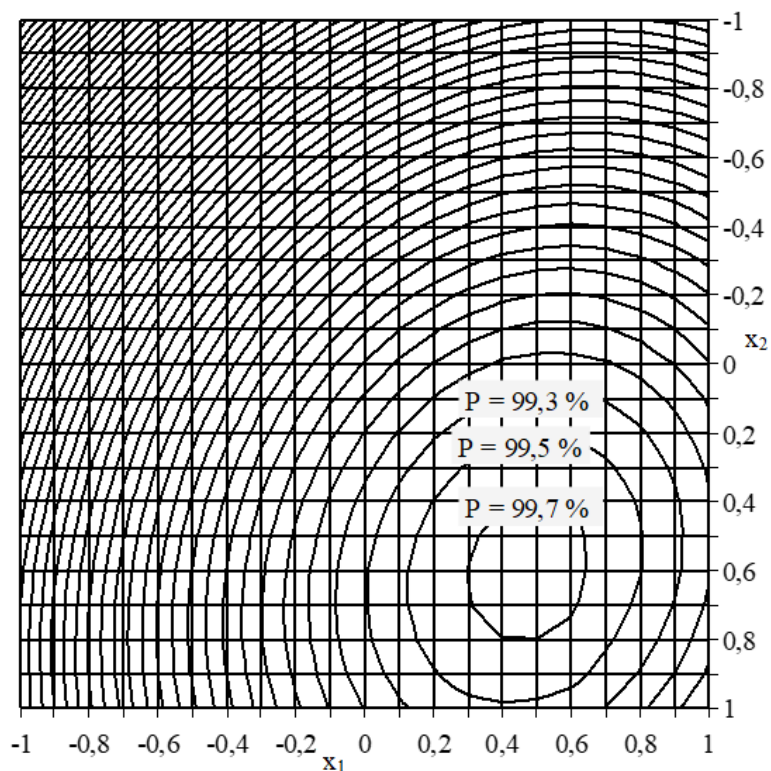


Рисунок 4 – К оценке влияния параметров x_1 и x_2 на Pr

Figure 4 – To assess the influence of parameters x_1 and x_2 on Pr

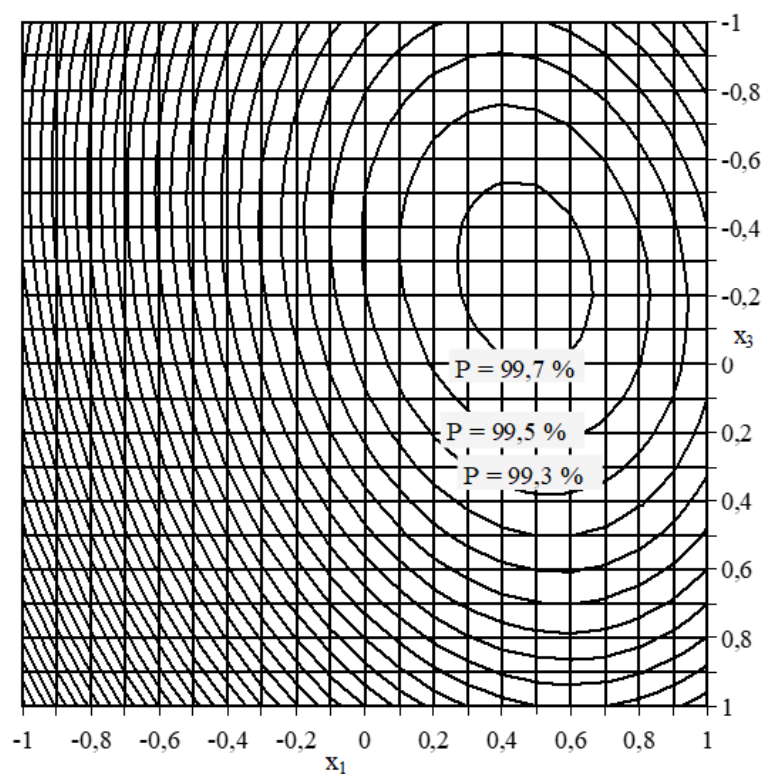


Рисунок 5 – К оценке влияния параметров x_1 и x_3 на Pr

Figure 5 – To assess the influence of parameters x_1 and x_3 on Pr

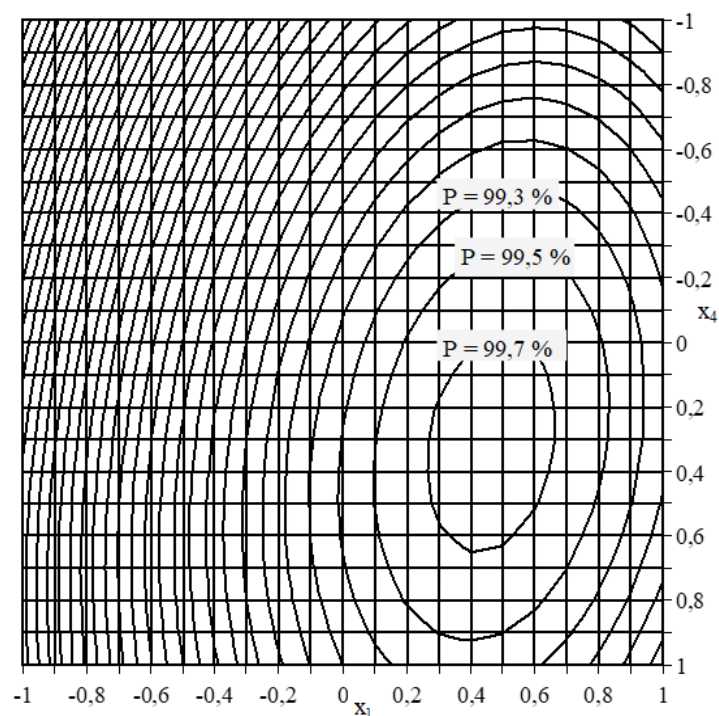


Рисунок 6 – К оценке влияния параметров x_1 и x_4 на Pr

Figure 6 – To assess the influence of parameters x_1 and x_4 on Pr

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 6), определили, что оптимальные значения параметров x_1 и x_4 находятся соответственно в диапазонах: $x_1 = 0,4 \dots 0,6$ и $x_4 = 0,1 \dots 0,5$.

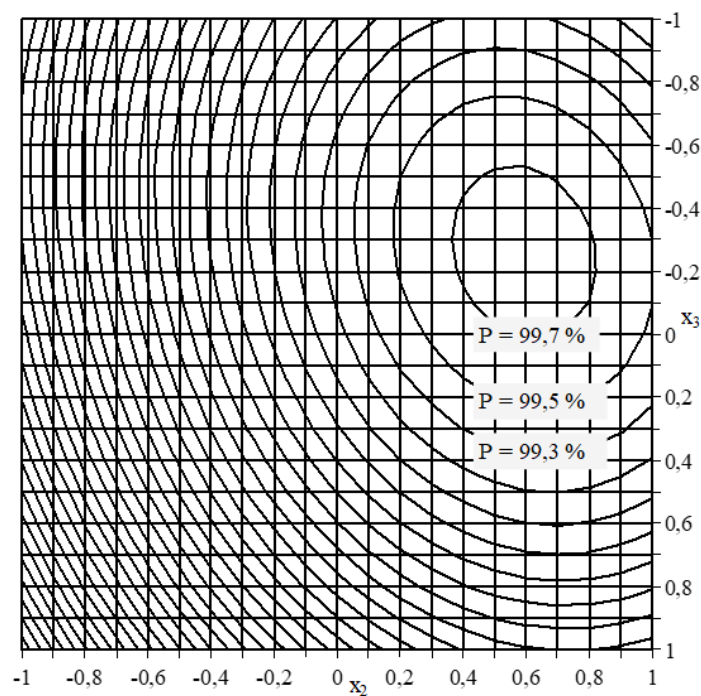


Рисунок 7 – К оценке влияния параметров x_2 и x_3 на Pr

Figure 7 – To assess the influence of parameters x_2 and x_3 on Pr

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 7), определили, что оптимальные значения параметров x_2 и x_3 находятся соответственно в диапазонах: $x_2 = 0,5 \dots 0,7$ и $x_3 = -0,4 \dots -0,1$.

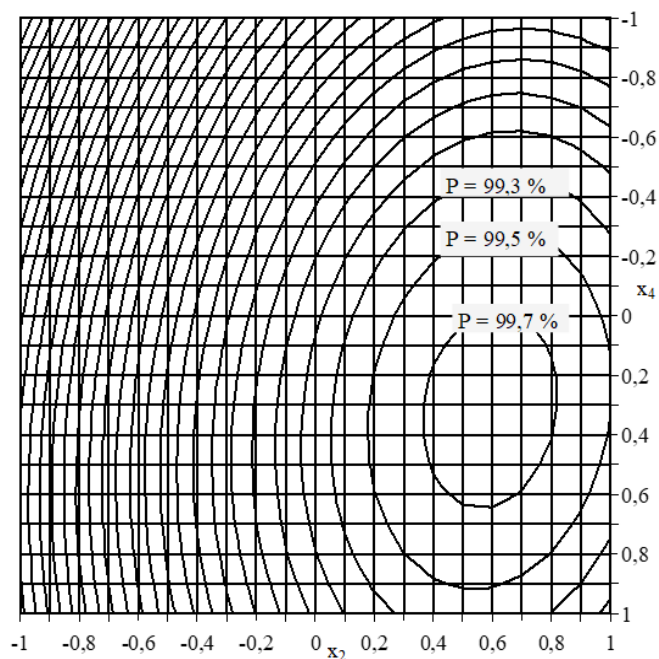


Рисунок 8 – К оценке влияния параметров x_2 и x_4 на Pr

Figure 8 – To assess the influence of parameters x_2 and x_4 on Pr

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 8), определили, что оптимальные значения параметров x_2 и x_4 находятся соответственно в диапазонах: $x_2 = 0,5 \dots 0,7$ и $x_4 = 0,1 \dots 0,5$.

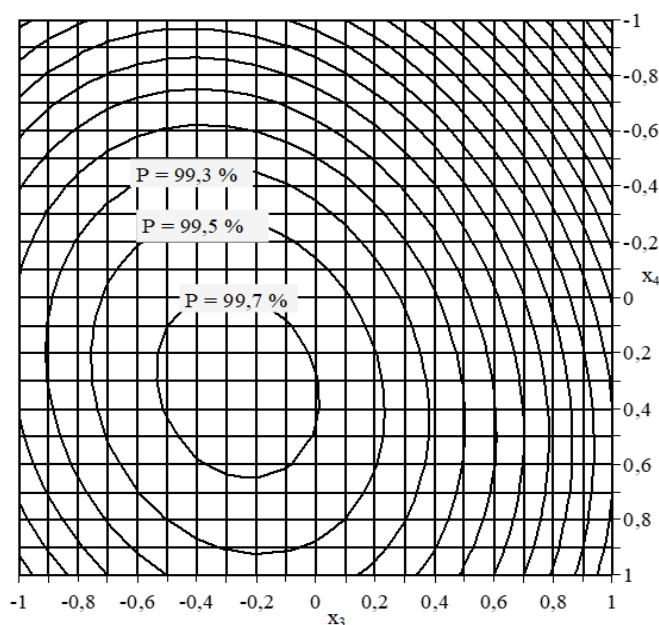


Рисунок 9 – К оценке влияния параметров x_3 и x_4 на Pr

Figure 9 – To assess the influence of parameters x_3 and x_4 on Pr

Рассматривая двумерное сечение (рисунок 9), определили, что оптимальные значения параметров x_3 и x_4 находятся соответственно в диапазонах: $x_3 = -0,4 \dots -0,1$ и $x_4 = 0,1 \dots 0,5$.

В результате определены диапазоны оптимальных значений исследуемых параметров разработанного транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена: $x_1 = 0,4 \dots 0,6$ ($126^0 \dots 129^0$), $x_2 = -0,1 \dots 0,1$ ($168^0 \dots 171^0$), $x_3 = -0,1 \dots 0,1$ (670...730 мм) и $x_4 = 0 \dots 0,2$ (265...325 мм).

Выводы. Разработанная конструкция транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена обеспечит максимальную вероятность погрузки рулонов сена на грузовую платформу ($P_r = 99,7\%$) при изготовлении погрузочного устройства с оптимальными параметрами: длина средней балки $L_1 = 0,67 \dots 0,73$ м, длина нижней балки $L_2 = 0,265 \dots 0,325$ м, угол между верхней и средней балками $\alpha = 126^0 \dots 129^0$, угол между нижней и средней балками $\beta = 168^0 \dots 171^0$.

Библиографический список

1. Гуськов Ю. А., Тихонкин И. В., Блынский Ю. Н. Использование специализированных транспортных средств в технологиях сбора и транспортировки прессованной в рулоны растительной массы в условиях Сибири // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 146-152.
2. Машина для формирования, погрузки и транспортировки рулонов сена / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, И. В. Алмазов, С. Ю. Фандеев // Сельский механизатор. 2020. № 8. С. 10-11.
3. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. 2019. № 9. С. 33-36.
4. Научно-практические требования по производству высококачественных кормов из трав / Е. А. Тяпугин, В. К. Углин, В. Е. Никифоров, Л. И. Креминская // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 01. С. 41-43.
5. Овчинникова Н. И., Косарева А. В. Композиционный метод оценки времени между отказами сельскохозяйственной уборочно-транспортной системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 46-55.
6. Посметьев В. И., Никонов В. О., Посметьев В. В. Результаты многофакторной оптимизации параметров исследуемых энергосберегающих систем, применяемых в лесовозном автомобильном транспорте // Лесотехнический журнал. 2020. № 3. С. 104-123.
7. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. В. Бышов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 142-168.
8. Ряднов А. И., Фандеев С. Ю. Выбор высокоэффективной технологии уборки рулонов сена из суданской травы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 370-380.
9. Ряднов А. И., Федоров А. В. Повышение надежности прицепа-зерновоза и расширение возможностей его использования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 442-451.
10. Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Алмазов И. В. Усовершенствованная грузовая платформа автомобиля ГАЗ-3302 "ГАЗЕЛЬ" // Сельский механизатор. 2015. № 5. С. 14.
11. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Повреждаемость плодов в результате транспортировки // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 346-356.
12. Степашкина А. С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств за счет увеличения номинального объема кузова при выполнении зерноуборочных работ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2021. № 2. С. 122-128.

13. Energy efficiency analysis of drive integrated and energy recuperation system for hydraulic excavator boom / L. Xia, L. Quan, L. Ge, Y. Hao // *Energ. Convers. Manage.* 2018. Vol. 156. P. 680–687.

14. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin, I. A. Yukhin, A. A. Golikov // *ACM International Conference Proceeding Series*. 2018. P. 176-179.

15. Modal analysis and investigation of torsion bar strength based on layer orientation angle using composite material / Miss AdhavMadhuri Vilas, D. S. Galhe, Hredaya Mishra // *International Journal for Research in Applied Science Engineering Technology (IJRASET)*. 2018. Vol. 6. Is. VII. 16 p.

16. Modeling and Optimization Design of Hydraulically Interconnected Energy-regenerative Suspension / Chen Long, Zhang Chenglong, Wang Ruochen [et al.] // *Nongye Jixie Xuebao*. 2017. Vol. 48. Iss. 1. P. 303–308.

Информация об авторах

Фандеев Сергей Юрьевич, младший научный сотрудник кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-6720>. E-mail: fsy-03@mail.ru;

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-69

TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE EFFICIENCY OF OPERATION OF PUMPING EQUIPMENT USING A JET DEVICE ON THE SUCTION PIPELINE

**D.V. Nikolaenko, Y.S. Urzhumova, V.B. Panov,
S.A. Tarasyants, V.N. Shiryaev**

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – the branch
of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University»*

Received 10.06.2022

Submitted 05.09.2022

Summary

The article presents a detailed description of the developed technological process for the efficiency of operation of pumping equipment using a jet apparatus on a suction pipeline, which makes it possible to use pumping station equipment in energy-saving and resource-saving modes.

Abstract

Introduction. The use of the residual head is possible both with positive and negative suction height with a difference in determining the head of the jet apparatus installed in the suction pipeline of the pumping equipment and, accordingly, the head of the main pump. **Materials and methods.** It is known that the marks of the axes of pumps operating with a positive suction height are above the level of the water source, determined by the permissible vacuum suction height. The technological process developed in the work makes it possible to use the pressure of jet devices with the necessary constant pressure and constant flow of a centrifugal pump at each flow selection point in the network. Start-up of pumping equipment is carried out if there are values of optimal parameters in the tabular or graphical versions. In this case, for example, the optimal parameters are given for the D1250-125 pump with $d_{p.k.}=660$ mm и $n=24,16$ c⁻¹. Before start-up, the suction pipeline and the pump housing are filled with pumped water using a compressor and a jet apparatus. **Results and conclusions.** It was found that when calculating the flow energy before entering the suction pipe, the factory permissible vacuum suction height is not used, and the head loss should be deter-

mined by the difference in water level marks in the water source and the pump axis. The developed technological process for the efficiency of operation of pumping equipment with the installation of a jet device on the suction pipeline to increase the suction height and, accordingly, reduce the total head and power consumed allows: up to 20%; determine the procedure for filling suction pipelines and starting up pumping units operated according to the proposed technology, both with positive and negative suction height; to determine the possible technical malfunctions that occur during the start-up process, the causes and the procedure for their elimination; professional use of shut-off valves and measuring instruments of suction lines and settlement network.

Key words: *residual head, suction pipeline, pumping equipment, suction height, jet apparatus.*

Citation. Nikolaenko D.V., Urzhumova Y.S., Panov V.B., Tarasyants S.A., Shiryaev V.N.. Technological process of the efficiency of operation of pumping equipment using a jet device on the suction pipeline. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 3(67). 612-621 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-69.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in execution and analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 628.147.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУЙНОГО АППАРАТА НА ВСАСЫВАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ

Д. В. Николаенко, аспирант

Ю. С. Уржумова, кандидат технических наук, доцент

В. Б. Панов, аспирант

С. А. Тарасьянц, доктор технических наук, профессор

В. Н. Ширяев, кандидат технических наук, ассистент

Новочеркасский инженерно мелиоративный институт имени А. К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 10.06.2022

Дата принятия к печати 05.09.2022

Актуальность. Использование остаточного напора возможно как при положительной, так и отрицательной высоте всасывания с разницей в определении напора струйного аппарата, установленного во всасывающем трубопроводе насосного оборудования и соответственно напора основного насоса. **Материалы и методы.** Известно, что отметки осей насосов, работающих с положительной высотой всасывания, находятся выше уровня водоисточника, определяемые допустимой вакуумметрической высотой всасывания. Представленный в работе технологический процесс позволяет использовать напоры струйных аппаратов при необходимых постоянном напоре и постоянной подаче центробежного насоса в каждой точке отбора расхода в сети. Пуск насосного оборудования осуществляется при наличии в табличном или графическом вариантах значений оптимальных параметров. В данном случае, для примера, оптимальные параметры приведены для насоса Д1250-125 с $d_{p.k.}=660$ мм и $n=24,16$ с⁻¹. Перед пуском всасывающий трубопровод и корпус насоса заполняется перекачиваемой водой с использованием компрессора и струйного аппарата. **Результаты:** установлено, что при расчете энергии потока перед входом во всасывающий патрубок заводская допустимая вакуумметрическая высота всасывания не используется, а величину потерь напора следует определять по разнице отметок уровня воды в водоисточнике и оси насоса. **Выводы:** разработанный технологический процесс эффективности эксплуатации насосного оборудования с установкой струйного аппарата на всасывающем трубопроводе для повышения высоты всасывания и соответственно уменьшения полного напора и затраченной мощности позволяет использовать

величину остаточного напора для повышения КПД насосного оборудования, снижения полного напора и затраченной мощности до 20 %; определить порядок заполнения всасывающих трубопроводов и пуска насосных агрегатов, эксплуатируемых по предлагаемой технологии, как с положительной, так и отрицательной высотой всасывания; определить возможные технические неисправности, возникающие в процессе пуска, причины и порядок их устранения; профессионально использовать запорную арматуру и измерительные приборы всасывающих линий и расчетной сети.

Ключевые слова: остаточный напор, всасывающие трубопроводы, насосное оборудование, высота всасывания, струйные аппараты.

Цитирование. Николаенко Д. В., Уржумова Ю. С., Панов В. Б., Тарасьянц С. А., Ширяев В. Н. Технологический процесс эффективности эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающем трубопроводе. *Известия НВ АУК*. 2022. 3(67). 612-621. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-69.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При решении проблемы использования остаточного напора в сети на всасывающей линии насосного оборудования для повышения КПД всей системы необходим разработанный технологический процесс эффективной эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающем трубопроводе, заключающийся в определении порядка процесса пуска, остановки и эксплуатации насосной станции таким образом, чтобы каждый метр неиспользованного напора в сети способствовал повышению КПД насоса методом изменения (увеличения) допустимой вакуумметрической высоты всасывания и возможности повышения кавитационного запаса [3, 7].

Пуск и эксплуатация насосной станции осуществляются при условии необходимой расчетной подачи и расчетного напора сети, контролируемых установленной контрольно-измерительной аппаратурой. Как правило, при пуске насосного оборудования напор и подача соответствуют тем параметрам сети, в которой установлен потребитель, согласно нормам проектирования [1]. Параметры могут быть оптимальные с максимальным КПД и минимальные с минимальным КПД и максимальной потребляемой мощностью. Данный факт зависит от места установки потребителя.

Использование остаточного напора возможно как при положительной, так и отрицательной высоте всасывания с разницей в определении напора струйного аппарата, установленного во всасывающем трубопроводе насосного оборудования и соответственно напора основного насоса [5] для возможности повышения высоты всасывания насосных агрегатов при необходимых постоянных напоре и подаче в каждой точке отбора расхода в сети.

Эффективность эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающей линии подтверждается возможностью проектирования незаглубленных насосных станций с значительными эксплуатационным экономическим эффектом [4].

Цель настоящей работы заключается в разработке технологического процесса эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающем трубопроводе.

К установке рекомендуется струйный кольцевой двухповерхностный аппарат с повышенными энергетическими характеристиками (патент на полезную модель № 182328 РФ, патент на полезную модель № 188521 РФ).

Материалы и методы. Известно, что отметки осей насосов, работающих с положительной высотой всасывания, находятся выше уровня водоисточника, определяемые допустимой вакуумметрической высотой всасывания.

Пуск насосного оборудования осуществляется при наличии в табличном (таблица 1) или графическом (рисунок 1) вариантах значений оптимальных параметров. В данном случае, для примера, оптимальные параметры приведены для насоса Д1250-125 с диаметром рабочего колеса $d_{р.к.}=660$ мм и частотой вращения $n=24,16$ с⁻¹ [6].

Перед пуском всасывающий трубопровод и корпус насоса заполняются перекачиваемой водой одним из известных способов [2]. В настоящей работе, при наличии струйного аппарата во всасывающем трубопроводе заполнение предлагается проводить по нижеприведенной схеме (рисунок 2):

- закрываются задвижки 3 на напорном трубопроводе, 9 на линии рециркуляции;
- включается компрессор 15, давление которого фиксирует манометр 16;
- открывается задвижка 14 трубопровода подачи воздуха в струйный аппарат 10 с возможностью создания вакуума во всасывающем трубопроводе 11 и корпусе центробежного насоса 1 при закрытом клапане выпуска воздуха 18;
- всасывающий трубопровод 11 и корпус насоса заполняются, о чем свидетельствует появление воды в клапане сброса воздуха 18;
- закрывается задвижка 14, выключается компрессор 15, пускается основной агрегат 1;
- открывается задвижка 3 напорного трубопровода 2 и в случае положительного пуска манометр 5 фиксирует плавное повышение давления в напорном трубопроводе 2.

Следует иметь в виду, что процесс пуска насосного агрегата в одинаковой степени оказывает влияние как на напорную сторону насоса, так и на всасывающую. В начале движения жидкости расходы во всасывающем и напорном трубопроводах практически равнозначны, за минусом влияния объемного КПД, учитывающего утечки жидкости из напорной части колеса во всасывающую, и объемных потерь на смазку сальников.

Величина вакуума во всасывающем трубопроводе оказывает серьезное влияние на весь период эксплуатации, должна быть постоянной и равной сумме геометрической высоты подъема и потерь напора в трубопроводе от входа потока в водозаборное сооружение до входа в рабочее колесо. В случае наличия колебаний в показаниях приборов на данный момент следует обратить внимание. Колебания могут наблюдаться в нескольких случаях:

- увеличение потерь напора, вследствие засорения всасывающих линий водозаборных сооружений, наличия коррозии в трубопроводе, падения уровня в водоисточнике;
- уменьшения напора напорной линии и, соответственно, увеличения скорости потока во всасывающем трубопроводе, которое в свою очередь ведет за собой увеличение скоростного напора и потерь напора;
- возникновение кавитационных явлений на колесе и в корпусе насоса, возникающие при абсолютном давлении в месте входа потока во всасывающий патрубок ниже 0,24 м (при температуре 20 °С);
- отсутствие необходимой центровки вала двигателя относительно вала насоса.

Вышеперечисленные факторы влекут за собой возможные серьезные неисправности оборудования, вплоть до замены агрегатов и полной остановки насосной станции. Все вышеизложенное, в большей степени, наблюдается в насосном оборудовании, установленном с положительной высотой всасывания.

Таблица 1 – Оптимальные параметры насоса Д1250-125 при максимальном КПД

Table 1 - Optimal parameters of the D1250-125 pump at maximum efficiency

Напор / Effort, м/ m	Подача / Innings, м ³ /с / m ³ /s	Допустимая вакууметриче- ская высота всасывания / Permissible suction lift, м/ m	Максимальный КПД / Maximum efficiency	Оптимальная затра- ченная мощность / Optimum power input, кВт/ kW
100	0,36	4,2	0,78	476,7

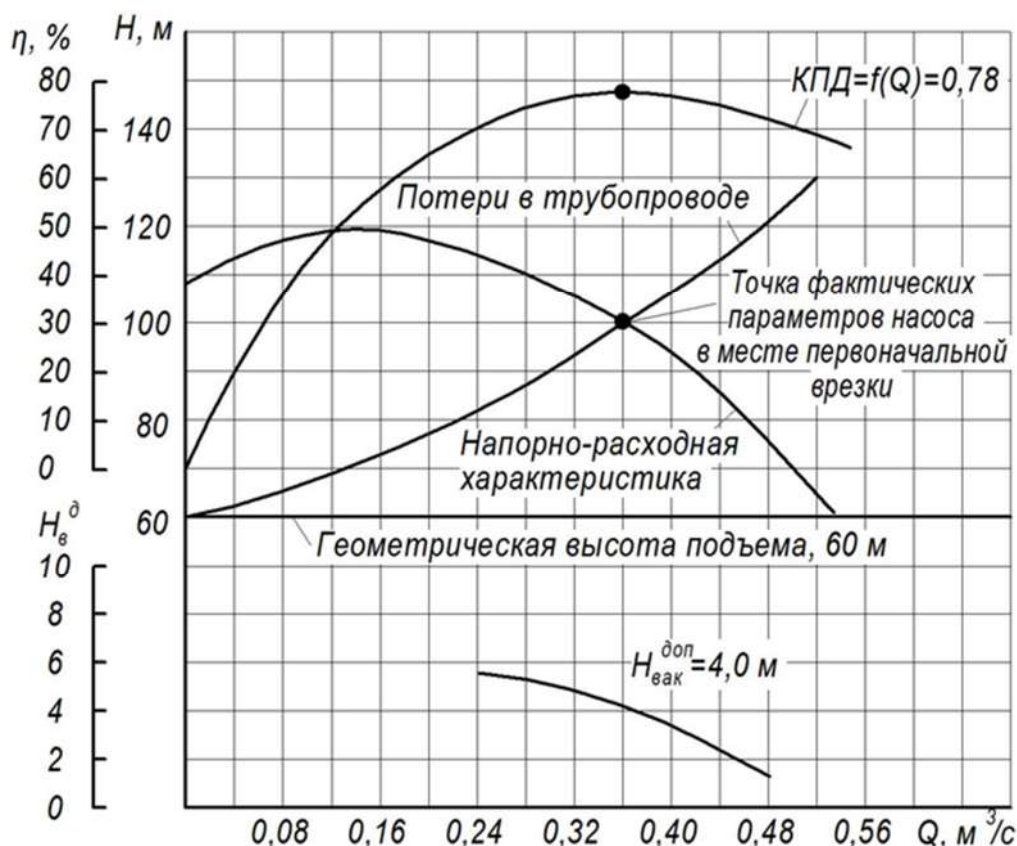


Рисунок 1 – Фактическая проектная эксплуатационная характеристика насоса Д1250-125 с полиэтиленовым трубопроводом диаметром 630 мм

Figure 1 – The actual design performance of the D1250-125 pump with a polyethylene pipeline with a diameter of 630 mm

В отличие от пуска насосного оборудования с положительной высотой всасывания, отрицательная высота всасывания способствует автоматическому заполнению всасывающих трубопроводов и корпуса насоса. При использовании отрицательной высоты всасывания для эксплуатации насосной станции по предлагаемой технологии пуск агрегатов необходимо проводить по следующей технологической схеме (рисунок 3) в следующей последовательности:

- открывается задвижка 13 на всасывающем трубопроводе при закрытых задвижках 9 линии рециркуляции и 3 на напорном трубопроводе до появления воды в клапане выпуска воздуха 16;
- включается насосный агрегат 1 и при появлении давления в напорном трубопроводе 2, о чем свидетельствуют показания монитора 5, плавно открывается задвижка 3 на напорном трубопроводе 2.

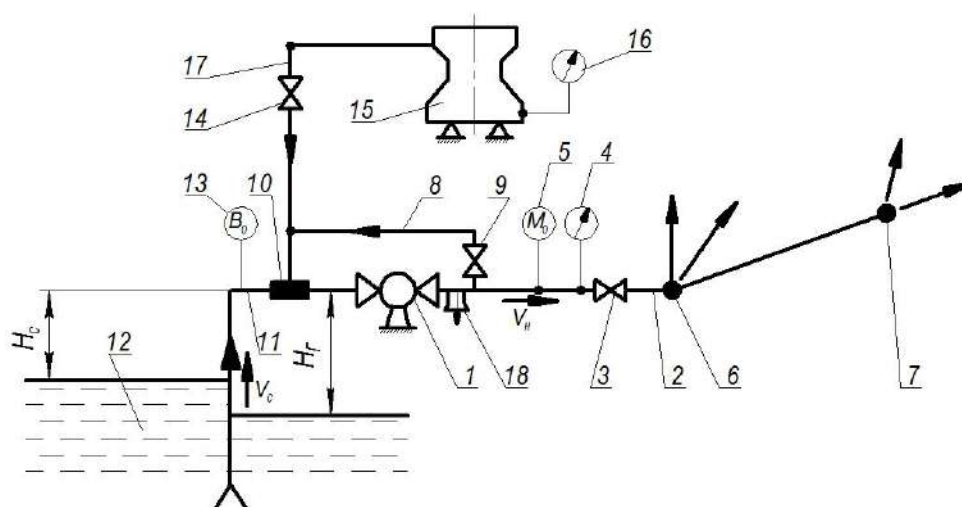


Рисунок 2 – Схема заполнения всасывающего трубопровода и корпуса насоса перед пуском:
 1 – центробежный насос; 2 – напорный трубопровод; 3, 9, 14 – задвижки; 4 – датчик давления;
 5, 16 – манометры; 6, 7 – точки отбора расхода; 8 – линия рециркуляции; 10 – струйный аппа-
 рат; 11 – всасывающий трубопровод; 12 – водоисточник; 13 – вакуумметр; 15 – компрессор;
 17 – трубопровод подачи воздуха в струйный аппарат; 18 – клапан выпуска воздуха

Figure 2 - Scheme of filling the suction pipeline of the casing and the pump before start-up:
 1 - centrifugal pump; 2 - pressure pipeline; 3, 9, 14 - valves; 4 - pressure sensor; 5, 16 - manometers;
 6, 7 – flow sampling points; 8 - recirculation line; 10 - jet apparatus; 11 - suction pipeline;
 12 - water source; 13 - vacuum gauge; 15 - compressor; 17 - pipeline for supplying air to the jet
 apparatus; 18 - air release valve

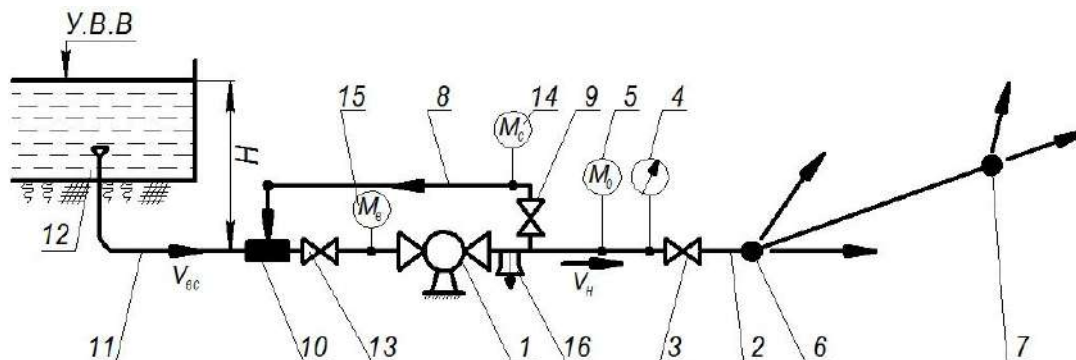


Рисунок 3 – Схема пуска агрегатов при использовании отрицательной высоты всасывания
 1 – насосный агрегат; 2 – напорный трубопровод; 3, 9, 13 – задвижки;
 4 – датчик давления; 5, 13, 14 – задвижки; 6, 7 – точки отбора расхода; 8 - трубопровод подачи
 расхода к струйному насосу; 10 – струйный аппарат; 11 - всасывающий трубопровод насосного
 агрегата; 12 – водоисточник; 15 – вакуумметр; 16 – клапан выпуска воздуха

Figure 3 - Scheme of starting units when using a negative suction lift
 1 - pumping unit; 2 - pressure pipeline; 3, 9, 13 - valves;
 4 - pressure sensor; 5, 13, 14 - valves; 6, 7 – flow sampling points; 8 - pipeline for supplying flow to
 the jet pump; 10 - jet apparatus; 11 - suction pipe-wire of the pumping unit; 12 - water source; 15 -
 vacuum gauge; 16 - air release valve

Результаты и обсуждение. При расчете энергии потока перед входом во всасы-
 вающий патрубок заводская допустимая вакуумметрическая высота всасывания не ис-
 пользуется, а величину потерь напора следует определить по разнице отметок уровня
 воды в водоисточнике (УВВ) и оси насоса.

При врезке струйного аппарата во всасывающий трубопровод следует иметь в виду тот факт, при котором в случае отсутствия необходимости его эксплуатации, потери напора во всасывающем трубопроводе увеличились на минимальную величину (в пределах 0,3-0,5 м).

При монтаже струйного аппарата выбор места его установки производится произвольно, желательно в здании насосной станции без специального определения расстояния от всасывающего фланца основного насоса, но не менее двух-трех диаметров от фланца задвижки.

Пуск при отрицательной высоте всасывания [10] по данной технологии имеет как и при положительной, свои особенности, на которые необходимо обратить внимание:

- задвижка 13 перед входом потока в насос, должна быть полностью открыта для наличия положительного коэффициента эжекции струйного аппарата и предотвращения обратного потока воды в водоисточник (отрицательный коэффициент эжекции), что фиксируется манометром 15, указывающим на положительное давление в трубопроводе 11;

- показаниям манометра 14 должна соответствовать разница напоров точек отбора 7 и 6 и регулироваться степенью открытия задвижки 9;

- датчик давления 4 необходимо отрегулировать на величину, соответствующую необходимому давлению в сети при эксплуатации потребителей; (дождевальных машин);

- уровень воды в водоисточнике 12 необходимо иметь с постоянной отметкой, соответствующей проектной отметке водоисточника;

- задвижку 3 на напорном трубопроводе необходимо держать в максимально открытом состоянии для исключения функции дросселирования в напорном трубопроводе.

При пуске насосного оборудования с отрицательной высотой всасывания для функционирования оборудования в необходимых режимах с максимальным КПД следует иметь в виду следующее:

- пусковой момент по сравнению с положительной высотой всасывания, с одной стороны, облегчен простотой заполнения всасывающих трубопроводов, с другой, – усложнен необходимостью поддержания трубопровода и запорной арматуры как всасывающих, так и напорных распределительных линий, в герметичном состоянии для исключения возможных утечек воды;

- поддержание водозабора в водоисточнике в рабочем исправном состоянии требует при ремонтных работах высотой квалификации обслуживающего персонала, вследствие отсутствия возможности (в некоторых случаях) освобождения водоисточника в поливной период;

- необходимость поддержания измерительной аппаратуры и датчика давления в постоянном исправном состоянии;

- перечисленные условия пуска и эксплуатации насосного оборудования с отрицательной высотой всасывания являются дополнением к обязательным условиям эксплуатации насосного оборудования с положительной высотой всасывания. В случае когда пуск насосного оборудования с проектными данными, показанными на рисунке 1, покажет, что фактические величины гидравлических параметров отличны от проектных и равны величинам, показанным на рисунке 4.

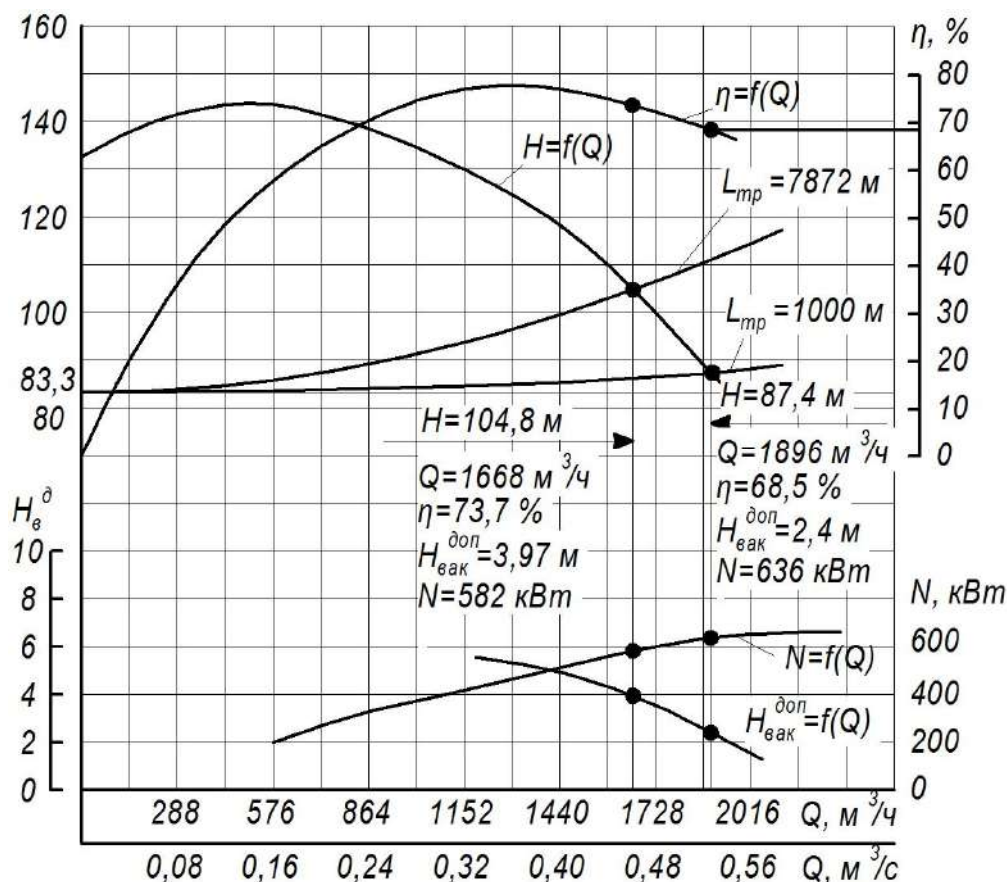


Рисунок 4 – Эксплуатационные параметры насосного агрегата Д1250-125 с $d_{р.к.} = 660 \text{ мм}$, $n = 24, 16 \text{ с}^{-1}$ с диаметром напорного трубопровода 710 мм (внутренний 581 мм, площадь поперечного сечения $\omega=0,26 \text{ м}^2$)

Figure 4 - Operating parameters of the pumping unit D1250-125 with $d_{р.к.} = 660 \text{ mm}$, $n = 24, 16 \text{ s}^{-1}$ with a pressure pipeline diameter of 710 mm (internal 581 mm, cross-sectional area $\omega=0,26 \text{ m}^2$)

Таблица 2 – Фактические параметры трубопровода длиной 7872 м и назначенной точки отбора на расстоянии 1250 м от здания насосной станции

Table 2 - Actual parameters of the pipeline with a length of 7872 m and the designated sampling point at a distance of 1250 m from the building of the pumping station

Удельное сопротивление / Resistivity, $\text{с}^2/\text{м}^5 / \text{s}^2/\text{m}^5$	Длина трубопровода / Pipeline length, м / m	Расход/ Consumption, $\text{м}^3/\text{с} / \text{m}^3/\text{s}$	Потери/ Losses, м / m
12,97	1250	0,16	0,33
		0,32	1,32
		0,40	2,07
102,15	7872	0,16	2,61
		0,32	10,46
		0,40	16,3

Процесс дальнейшей эксплуатации насосной станции независимо от положительной или отрицательной высоты всасывания осуществляется в следующей последовательности:

- по показаниям приборов определяется величина фактических величин напора (по показанию манометра), вакуума (по показанию вакуумметра), расхода (по показанию расходомера) в здании насосной станции и в месте врезки трубопровода потреби-

теля (гидранта), в случае когда показания соответствуют проектным значениям, величина КПД должна соответствовать максимальным значениям. Для приведенного примера принимается для насоса Д1250-125 напор 104,8 м, подача 0,48 м³/с, КПД (максимальный) 0,75, допустимая вакуумметрическая высота всасывания 3,97 м³ (рисунок 4);

- при изменении точки подсоединения потребителя в сторону уменьшения расстояния, естественно, потери напора уменьшаются, уменьшается полный напор насоса и соответственно увеличивается подача, о чем свидетельствует напорно-расходная характеристика, затраченная мощность растет от 324,4 кВт до 544,4 кВт при изменении КПД от 0,78 до 0,63. По условиям эксплуатации устанавливаются с помощью задвижек необходимые подача 0,36 м³/с и напор 100м, изменяя вакуумметрическую высоту всасывания с помощью струйного аппарата 10, при этом расчетная фактическая затраченная мощность равна 452,3 кВт при величине КПД 0,78, что меньше фактической затраченной мощности, при тех же параметрах на 544,4-452,3=92,1 кВт;

- разницей напора 1й точки отбора (дальней) и второй точки с уменьшенным расстоянием по приборам определяется остаточный напор, фактические потери напора в трубопроводе между дальней и ближней точками;

- по величине остаточного напора и остаточной подаче рассчитываются гидравлические и геометрические параметры струйного аппарата по методике, ранее изложенной [8], используются исходные данные;

- по расчетным относительным величинам проектируется и изготавливается струйный аппарат с возможностью установки на эксплуатируемых насосных станциях.

В случае когда насосная станция работает с сетью, изменение эксплуатационных параметров и расчет фактических затраченной и полезной мощности рекомендуется проводить по приведенным примерам, показанным в таблицах ранее проведенных работ [9].

Выводы. Разработанный технологический процесс пуска и эксплуатации насосного оборудования с использованием остаточного напора для повышения высоты всасывания с помощью струйного аппарата и соответственно уменьшения полного напора и затраченной мощности позволяет:

- использовать величину остаточного напора для повышения КПД насосного оборудования, снижения полного напора и затраченной мощности до 20 %, увеличения кавитационного запаса;

- определить порядок заполнения всасывающих трубопроводов и пуска насосных агрегатов, эксплуатируемых по предлагаемой технологии, как с положительной, так и отрицательной высотой всасывания;

- определить возможные технические неисправности, возникающие в процессе пуска, причины и порядок их устранения;

- профессионально использовать запорную арматуру и измерительные приборы всасывающих линий и расчетной сети.

Библиографический список

1. Барабаш В. М., Абиев Р. Ш., Кулов Н. Н. Обзор работ по теории и практике перемешивания // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52. № 4. С. 367-383.
2. Лысова О. А., Фрайштетер В. П., Смирнов А. Ю. Анализ способов пуска установок центробежных электронасосов в осложненных условиях // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 4. С. 87-96.
3. Михайлова С. В., Погребная И. А. Повышение производительности центробежных насосов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. № 2. С. 20-27.

4. Нафиков И. Р., Ситдилов Ф. Ф. Струйные аппараты для создания вакуума // Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40-45.
5. Паламарчук Т. Н. Кавитационные режимы шахтных насосов при положительной и отрицательной высоте всасывания // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. № 4. С. 204-219.
6. Петров А. И., Валиев Т. З. Расчет процесса пуска центробежного насоса методами гидродинамического моделирования // Гидравлика. 2017. № 1 (3). С. 63-75.
7. Рябцев Е. А. Методика критериальной оценки энергоэффективности магистральных насосов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11. № 3. С. 304-309.
8. Ширяев В. Н., Ю. С. Уржумова, С. А. Тарасьянц Расчет увеличения энергии и кавитационного запаса насосного оборудования на всасывающем трубопроводе // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 1(61). С. 189-203.
9. Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems / D. Imaev, M. Nemudruk, M. Fedorov, I. Shpakovskaya. 2020. P. 665-668.
10. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump - A Review / Chitale Shivani, Jadhav Pranjal, Dhoble Snehal, Dr. Deshmukh // International Journal of Scientific Research in Science and Technology. 2021. P. 49-58.

Информация об авторах

Николаенко Дмитрий Васильевич, аспирант кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** anapa_prof@mail.ru

Уржумова Юлия Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** urzhumovay@mail.ru

Панов Владислав Борисович, аспирант кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111).

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** starasyancz@mail.ru

Ширяев Вадим Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** vadik334@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY**

Новиков А. Е., Новиков А. А., Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Родин К. А. Агроэкологическая оценка перспективных сортов картофеля и особенности агротехники на светло-каштановых почвах Волгоградской области Novikov A.E., Novikov A.A., Gichenkova O.G., Laptina Yu.A., Rodin K.A. Agroecological assessment of promising varieties of potato and features of agricultural technique on light-chestnut soils of the Volgograd region	14
Тютюма Н. В., Айтпаева А. А. Перспективы развития полевого кормопроизводства в засушливых условиях Астраханской области на основе внедрения длинно-ротационных кормовых севооборотов и конвейерного производства кормов Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A. Prospects for the development of field fodder production in the arid conditions of the Astrakhan region based on the introduction of long-rotation fodder crop rotations and conveyor fodder production	24
Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю.В., Гущина И. А. Технология выращивания картофеля дождеванием при весенней посадке Akhmedov A.D., Kuznetsov Y.V., Gushchina I. A. Technology of potato cultivation by sprinkling during spring planting	32
Беляков А. М., Кошелев А. В., Назарова М. В. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Волгоградской области: проблемы и перспективы Belyakov A.M., Koshelev A.V., Nazarova M.V. Adaptive landscape system of agriculture of the Volgograd region: problems and prospects	40
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Эффективность использования ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании столовой свеклы в Нижнем Поволжье Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Efficiency of the use of new generation growth promoting drugs during cultivation of table beet in the Lower Volga region	47
Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Кулик Д. К., Молоканцева Е.И., Земляницына С.В. Влияние водного и пищевого режимов почвы на продуктивность многолетних бобовых трав Dronova T. N., Burtseva N. I., Kulik D.K., Molokantseva E.I., Zemlyanitsyna S. V. The influence of water and nutrition regimes of the soil on the productivity of perennial legumes	53
Зеленев А. В., Питоня В. Н., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Селекция ярового ячменя в Нижнем Поволжье Zelenev A. V., Pitonya V. N., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Spring barley breeding in the Lower Volga region	61

Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю., Аникеева В.-М. Д. Экспертная система для диагностики заболеваний яблоневых культур Kochetkova O. V., Podkovuyrov I.Y., Anikeeva V-M .D. Method of diagnostics of diseases of apple crops using the expert system	71
Кретинин В. М. Агролесомелиорация дальневосточного гектара Kretinin V. M. Agroforestmelioration of Far Eastern hectare	82
Мисюряев В. Ю., Гузенко Е. Ю., Джафаров В. В. Способы основной обработки почвы при выращивании люцерны в Волго-Донском междуречье Misyuryaev V. Yu., Guzenko E. Yu., Jafarov V. V. Methods of basic tillage when growing Alfalfa in the Volga-Don interfluve	90
Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Обработка отдельных приемов технологии возделывания зернобобовых культур в условиях Нижней Волги Moskvichev A. Yu., Agapova S. A. Development of individual techniques in the technology of cultivation of Leguminous crops in the conditions of the Lower Volga	96
Муслимов Н. Ж., Кабылда А. И., Далабаев А. Б., Атабаева Б.С. Технологическое исследование зерновой микрофлоры при проращивании зернобобовых и масличных культур в пищевых целях Muslimov N. Z., Kabylda A. I., Dalabaev A. B., Atabayeva B. S. Technological study of the grain microflora during germination of legumes and oilseeds for the food purposes	103
Мушинский А. А., Саудабаева А. Ж., Фомин С. Д., Васильева Т. Н. Влияние биостимуляторов на <i>Solanum tuberosum</i> L. сорта «Кавалер» в засушливых условиях Оренбургского Предуралья Mushinsky A. A., Saudabaeva A. Zh., Fomin S. D., Vasilyeva T. N. The effect of biostimulants on <i>Solanum tuberosum</i> L. variety «Kavalier» in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals	111
Петров Н. Ю., Калмыкова О. В., Калмыкова Е. В., Воронин Г. А. Эффективность применения некорневых подкормок лука репчатого при капельном орошении на каштановых почвах Нижнего Поволжья Petrov N.Yu., Kalmykova O.V., Kalmykova E.V., Voronin H.A. Efficiency of application of foliar fertilizers of onion under drip irrigation on chestnut soils of the Lower Volga region	117
Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области Voshedsky N.N., Kulygin V.A., Tseluyko O.A. Influence of elements of cultivation technology on the yield of new varieties of winter wheat in the Rostov region	125

Гулин А. В., Киселева Г. Н., Муканов М. В. Эффективность гербицидов против однолетних сорняков в посевах белокочанной капусты Gulin A.V., Kisileva G. N., Mukanov M.V. Efficiency of herbicides against annual weeds in white cabbage crops	134
Ефремова Е.Н., Тютюма Н.В., Петров Н.Ю. Определение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарного сорго в условиях Астраханской области Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Y. Determination of biological activity and toxicity of soil in sugar sorghum crops in the Astrakhan region	143
Кабылда А. И., Мыктабаева А. С., Серикбай Г. С., Кажыбекова А. С., Сантыгай Ф. С., Муслимов Н. Ж. Изучение аминокислотного состава различных видов безглютеновой муки Kabylda A. I., Serikbay G.S., Myktabayeva M.S., Kazhibekova A.S., Sagyntai F.S., Muslimov N.J. Studying of the amino acid composition of various types of gluten-free flour	153
Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Каракаджиев А. С., Джабраилова В. Ю., Лаврова Л. П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Karakadzhiev A.S., Dzhabrailova V.Yu., Lavrova L.P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper – selection of the «All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing»	161
Кушхабиев А. З., Сарбашева А. И., Батырова О. А. Эффективность применения разных систем удобрения в условиях богарного и орошаемого земледелия за ротацию севооборота в степной зоне Центрального Предкавказья Kushkhabiev A.Z., Sarbasheva A.I., Batyrova O.A. The effectiveness of the use of different fertilizer systems under the conditions of rain-fed and irrigated agriculture for cropping rotation in the steppe zone of the Central Caucasian region	170
Неверов А. А., Верещагина А. С. Влияние микроэлементов на формирование проростков ячменя в условиях оптимального и недостаточного увлажнения Neverov A.A., Vereshchagina A.S. The influence of microelements on the formation of barley seeds in conditions of optimal and insufficient moisture	180
Родин К. А., Воронцова Е. С. Оценка влияния доз вносимых макроудобрений и ростостимулирующих препаратов на показатели характеристики растений риса при дождевании Rodin K.A., Vorontsova E.S. Assessment of the effect of doses of applied fertilizers and growth-stimulating drugs on the characteristics of rice plants during sprinkling	188

Скороходов В. Ю.

Биологическая активность почвы как фактор влияния на урожайность пшеницы твёрдой в монокультуре и севооборотах степной зоны Южного Урала

Skorokhodov V.Yu.

Soil biological activity as a factor of influence on yield during the cultivation of spring hard wheat in monoculture and crops in the steppe zone of the Southern Urals 195

Сурхаев Г. А., Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Сурхаева Г. М.

Адаптивный и продуктивный потенциал злаковых культур ставропольской селекции в фитомелиорации пастбищных угодий Западного Прикаспия

Surkhaev G.A., Sivtseva S.N., Makhovikova T.F., Suraeva G.M.

Adaptive and productive potential of cereals of Stavropol selection in phytomelioration of pasture lands of the Western Caspian 202

Тимурбекова А. К., Молдакаримов А. А., Муслимов Н. Ж., Оспанов А. А., Далабаев А. Б.

Изменение активности липазы при проращивании семян масличных культур

Timurbekova A. K., Moldakarimov A.A., Muslimov N. Zh., Ospanov A. A., Dalabaev A. B.

Changes in lipase activity during germinating of oil seeds 210

Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е.

Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков

Khuzhakhmetova A.Sh., Voronina V.P., Lazarev S.E.

Evaluation of the spatial structure of tree plantations of the city of Volgograd according to multispectral satellite images 218

Султанова М. Ж., Абдрахманов Х. А., Акжанов Н., Садуакас А. С., Нурыш А. Б.

Экстракция околоплодника грецкого ореха и характеристика их фенольных соединений

Sultanova M. Z., Abdrakhmanov H. A., Akzhanov N., Saduakas A. S., Nurysh A.B.

Extraction of the walnut pericarp and the characterization of their phenolic compounds 233

Молдакаримов А. А., Муслимов Н. Ж., Далабаев А. Б., Тимурбекова А. К., Садибаев А. К.

Изменение белково-протеазного комплекса пророщенного зерна зернобобовых культур

Moldakarimov A.A., Muslimov N. Z., Dalabaev A. B., Timurbekova A. K., Sadibaev A. K.

Changes in the protein-proteinase complex sprouted grain of leguminous crops 242

Тютюнникова Е. М., Плотникова Т. В.

Влияние биостимуляторов серии Стимакс на повышение всхожести семян табака, качество рассады, урожаеобразующие элементы и химический состав табачного сырья

Tyutyunnikova E.M., Plotnikova T.V.

Influence of bio stimulants of the Stimax series on increasing the germination of tobacco seeds, seedlings quality, crop-forming elements and the chemical composition of tobacco raw materials 251

Кабылда А. И., Мыктабаева М. С., Серикбай Г. С., Кажыбекова А. С.

Технология получения безглютеновых макаронных изделий на основе нетрадиционного сырья

Kabylda A. I., Myktabayeva M.S., Serikbay G.S., Kazhibekova A.S.

Technology for obtaining gluten-free pasta based on non-traditional raw materials 262

Рябчикова Н. Б., Егорова Г. С., Бочерова И. Н., Гузенко О. В. Влияние сидеральных культур на развитие, урожайность и качество арбуза столового Ryabchikova N.B., Egorova G.S., Bocherova I.N., Guzenko O.V. The influence of sideral crops on the development, yield and quality of table watermelon	270
Садуакас А. С., Нурыш А. Б., Султанова М. Ж., Абдрахманов Х. А., Акжанов Н. Исследования химических особенностей и витаминного состава околоплодника грецкого ореха Saduakas A.S., Nurysh A.B., Sultanova M.Z., Abdrakhmanov H.A., Akzhanov N. Studies of chemical characteristics and vitamin composition of walnut pericarp	277
Ратанов М. В., Бочарников В. С., Григоров С. М., Еронова Е. Н. Водопотребление саженцев винограда при различных технологиях посадки на капельном орошении в Волгоградской области Ratanov M.V., Bocharnikov V.S., Eronova E.N. Water consumption of grape seedlings under different planting technologies on drip irrigation in the Volgograd region	285
Терлецкий В. П. Молекулярно-генетическая идентификация штаммов бактерий-антагонистов фитопатогенов Terletskiy V.P. Molecular-genetic identification of strains of bacteria-antagonists of phyto-pathogens	298
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS	
Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л.В., Божкова С. Е., Гниломедова С. А., Абраменко Е. Г. Оптимизация технологии производства рубленых полуфабрикатов с использованием продуктов комплексной переработки птицы Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Khoroshevskaya L.V., Bozhkova S.E., Gnilomedova S.A., Abramenko E.G. Optimization of production technology of chopped semi-finished goods using products of complex processing of poultry	306
Сложенкина М. И., Брехова С. А., Ткаченко Н. А., Кудряшова О. В., Васильева М. О., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолов А. А. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на качество и безопасность молока-сырья коз зааненской породы Slozhenkina M.I., Brekhova S.A., Tkachenkova N.A., Vasil'yeva M.O., Kudruashova O. V., Karpenko Y.V., Vorontsova Y.S., Mosolov A.A. Effect of a new prebiotic feed additive on the quality and safety of raw-milk of the goats of Zaagen breed	318
Николаев С. И., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Липова Е. А., Куприянов С. Н. Эффективность применения премиксов в кормлении телят в молочный период на их рост и развитие Nikolaev S.I., Bryukhno O.Yu., Agapov S.Yu., Lipova E.A., Kupriyanov S.N. The effectiveness of the use of premixes in feeding calves during the dairy period on their growth and develop-ment	327

- Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Кравченко Ю. В., Воронцова Е. С., Кузнецова Т. В., Рамазан А. К.**
 Влияния белкового концентрата «Агро-Матик» на продуктивные качества молоди радужной (*Oncorhynchus mykiss*) и янтарной (*Oncorhynchus mykiss walbaum*) форели
Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Kuznetsova T. V., Ramazan A. K.
 Effects of protein concentrate «Agro-Matic» on the productive qualities of juveniles rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) and amber (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) trout 334
- Брюхно О. Ю., Николаев С. И., Агапов С. Ю., Липова Е. А., Рябова М. А.**
 Использование биогенных веществ в рационах молодняка крупного рогатого скота
Bryukhno O.Y., Nikolaev S.I., Agapov S.Yu., Lipova E.A., Ryabova M.A.
 The use of nutrients in the diets of young cattle 344
- Васильева М. И., Крылова Т. Г., Куковинец А. А.**
 Динамика качества продуктивности трехлетков карпа, разводимых в ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка», по сезонам года
Vasilieva M.I., Krylova T.G., Kukovinets A.A.
 Dynamics of the productivity quality of three-year-old carp bred at the State Unitary Enterprise of the Udmurt Republic - Fisheries «Pikhtovka» by the seasons of the year 352
- Нарышкина Е. Н.**
 Фенотипическая изменчивость и повторяемость оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы
Naryshkina E.N.
 Phenotypical variability and repeatability of the fertilizing ability of the sperm of bulls-producers of Holstein breed 361
- Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А.**
 Обзор факторов, ограничивающих точность температурной настройки инкубаторов для яиц птиц
Sudakov A. N., Andrianov E. A., Andrianov A. A.
 Overview of factors limiting the accuracy of the temperature settings of incubators for bird eggs 371
- Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Конобле Т. В., Любименко Г. Г.**
 Сравнительная оценка использования разных типов ульев
Chuchunov, V.A., Radzievsky E.B., Zlepkin V.A., Konobley T.V., Lyubimenko G.G.
 Com-parative evaluation of the use of different types of beehives 379
- Крупина О. В., Хабибуллин И. М., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М.**
 Использование адаптогенов в кормлении коров-первотелок и их влияние на молочную продуктивность
Krupina O.V., Khabibullin I.M., Mironova I.V., Khabibullin R.M.
 The use of adaptogens in the feeding of first-calf cows and their effect on dairy productivity 388

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ /
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

- Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Богданов С. И., Магомедов А. М.**
Аналитическое определение условия совмещения гнезд семян и гидрогеля при возделывании сои, тыкв и арбузов на орошении
Tseplyaev V.A., Tseplyaev A.N., Bogdanov S.I., Magomedov A.M.
Analytical determination of the conditions for combining seed nests and hydrogel by the developed seed drill when culti-vating soybeans, pumpkins and watermelons on irrigation ... 395
- Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Симдянкин А. А., Лимаренко Н. В.**
Электромагнитные методы как возможные инструменты определения качества автомобильных бензинов
Borychev S.N., Kashirin D.E., Simdyankin A.A., Limarenko N.V.
Electromagnetic methods as possible tools for determining the quality of motor gasolines 404
- Бочарников В. С., Корчагина О. А., Соловьев А. В., Марченко С. С., Матвеева О. А., Кузнецов В. И., Бондаренко А. А.**
ГИС-технологии для определения объемов неиспользуемых земель на оросительных системах левобережья Волгоградского водохранилища
Bocharnikov V.S., Korchagina O.A., Soloviev A.V., Marchenko S.S., Matveeva O.A., Kuznetsov V.I., Bondarenko A.A.
Technologies of Geographic Information Systems for determining the volume of unused lands on the irrigation systems of the left bank of the Volgograd reservoir 415
- Милюткин В. А., Овчинников А. С.**
Высокоэффективный комплекс для обработки почвы и посева с одновременным внесением жидких удобрений агрегатом–интегратором FDC
Milyutkin V.A., Ovchinnikov E.S.
Highly efficient complex for tillage and sowing with simultaneous application of liquid fertilizers by the FDC integrator 423
- Бочарникова О. В., Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А.**
Модернизация мелкодисперсного дождевального насадка для получения искусственного дождя
Bocharnikova O.V., Bocharnikov V.S., Kozinskaya O.V., Denisova M.A.
Modernization of the finely dispersed sprinkler nozzle for artificial rain 433
- Мещеряков М. П., Хавронина В. Н., Кузнецова Н. В., Тронеv С. В., Мещерякова Е. Г.**
Оценка эффективности применения модифицированного сорбента на техногенно загрязненных почвах
Mescheryakov M.P., Havronina V.N., Kuznetsova N.V., Tronev S.V., Mescheryakova E.G.
Evaluation of the effectiveness of the modified sorbent on technogenically polluted soils 438
- Ракутько С. А., Васькин А. Н., Ракутько Е. Н.**
Применение морфо-цветометрического анализа в биоиндикации экосистем
Rakutko S.A., Vaskin A.N., Rakutko E.N.
Application of morpho-colormetric analysis in the bioindication of ecosystem 445

Рогачев А. Ф., Белоусов И. С.

Нейросетевое выявление проблемных участков состояния посевов методами
искусственного интеллекта

Rogachev A. F., Belousov I. S.

Neural network identification of problem areas of the state of crops by methods
of artificial intelligence 459

Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И.

Анализ расхода топлива зерноуборочными комбайнами

Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I.

Analysis of fuel consumption by combine harvesters 466

Семененко С. Я., Морозова Н. В., Марченко С. С.

Формирование гидрохимических показателей поверхностных вод малых
степных антропогенно нагруженных рек

Semenenko S. Ya., Morozova N. V., Marchenko S. S.

Formation of hydrochemical indicators of surface waters of small steppe
anthropogenically loaded rivers 474

Успенский И. А., Антоненко М. В., Лимаренко Н. В., Антоненко Н. А.,

Юхин И. А., Голиков А. А.

Исследование алгоритма динамического расчета для уменьшения факторов,
усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящие к порче
перевозимой плодоовощной продукции

**Uspensky I. A., Antonenko M. V., Limarenko N. V., Antonenko N. A., Yukhin I. A.,
Golikov A. A.**

The study of the dynamic calculation algorithm for reducing the factors increasing
the vibrational movements of vehicles leading to damage of the transported fruit
and vegetable products 487

Юдаев И. В., Ивушкин Д. С., Волобуев С. В., Аксенов М. П., Петрухин В. А.

Светотехнические параметры облучения сеянцев древесных растений с
использованием светодиодных излучателей в условиях малогабаритных
облучательных установок

Yudaev I. V., Ivushkin D. S., Volobuev S. V., Aksenov M. P., Petrukhin V. A.

Lighting parameters of irradiation of seedlings of woody plants using LED emitters
under the conditions of small-sized irradiation installations 497

Юрченко И. Ф.

Загрязнение информационной среды сферы мелиорации

Yurchenko I. F.

Pollution of the information environment of the sphere of land reclamation 506

Васильева Е. В., Федоров В. М., Чибинев Н. Н.

Одежда каналов мелиоративных систем из бетона на местных заполнителях
с построением математической модели

Vasilyeva E. V., Fedorov V. M., Chibinev N. N.

Lining of channels of reclamation systems made of concrete on local aggregates
with the construction of mathematical model 513

- Зотов В. М., Рябов А. И., Аль-Сумайдаи Ф. Р. Н., Аль-Джумайли А. Х. Ш.**
Возможности управления двигателем внутреннего сгорания при его использовании в качестве тормоза
Zotov V.M., Ryabov A.I., Al-Sumaidae F.R.N., Al-Jumaili A.Sh.H.
The possibilities of control of an internal combustion engine when it is used as a brake 525
- Лытов М. Н.**
Биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков
Lytov M.N.
Biosphere-ecological principles of creating of hydromeliorative systems with the function of compensating climatic risks 533
- Майер А. В.**
Влияние искусственных высокомолекулярных полимеров на почву и ростовые процессы томатов
Mayer A.V.
Influence of artificial high-molecular polymers on the soil and growth processes of tomatoes 542
- Неверов Е. Н., Плотников И. Б., Схаплок Р. Ю., Пасечников Н. В.**
Исследование влияния низких температур на процесс разрушения скорлупы фундука
Neverov E. N., Plotnikov I. B., Skhaplok R. Yu., Pasechnikov N. V.
Investigation of the influence of low temperatures on the process of destruction of hazelnut shell 549
- Тубалов А. А.**
Применение ландшафтного подхода к оценке защитной лесистости территорий
Tubalov A. A.
Application of the landscape approach to the assessment of the protective forest coverage of the territories 558
- Уржумова Ю. С., Николаенко Д.В., Панов В.Б., Тарасьянц С.А.**
Методы уменьшения потребляемой энергии мелиоративными насосными станциями
Urzhumova Y.S., Nikolaenko D.V., Panov V.B., Tarasyants S.A.
Methods for reducing energy consumption by reclaiming pump stations 566
- Хамуев В. Г., Герасименко С.А.**
Обоснование основных параметров гравитационной колонки при очистке семян сои
Khamuev V.G., Gerasimenko S.A.
Substantiation of the main parameters of a gravity column when cleaning soybean seeds 574
- Хецуриани Е. Д., Васильев С. М.**
Результаты исследования воздействия электрического импульсного тока на велигеры дрейссены в водозаборах оросительных систем
Khetsuriani E. D., Vasiliev S.M.
Results of the study of the impact electric pulse current on the dreissen veligers in water intakes of irrigation systems 583

Хожанов Н.Н., Мирдадаев М. С. Совершенствование оросительной системы по использованию опресненной дрена Khozhanov N.N., Mirdadaev M. S. Improvement of the irrigation system for the use of de-salinated drainage and waste water	593
Фандеев С. Ю., Ряднов А. И. Оптимизация основных конструктивных параметров транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена Fandeev S.Yu., Ryadnov A. I. Optimization of the main design parameters of the vehicle for loading, transportation and unloading the rolls of hay	601
Николаенко Д. В., Уржумова Ю. С., Панов В. Б., Тарасьянц С. А., Ширяев В. Н. Технологический процесс эффективности эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающем трубопроводе Nikolaenko D.V., Urzhumova Y.S., Panov V.B., Tarasyants S.A., Shiryaev V.N. Technological process of the efficiency of operation of pumping equipment using a jet device on the suction pipeline	612
Содержание	622

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2022

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки Сельскохозяйственные науки

- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 06.01.00 Агрономия
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

1. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).

2. Проверка ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.

3. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

4. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

5. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

6. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи, который осуществляется два дня.

7. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) в 2-х экземплярах с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and Methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References)**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов); приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** стр.

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен согласно Национальному стандарту на библиографическое описание – **ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»**, ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 "Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления" с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES 2022

The editorial staff of the journal in its activities is guided by the principles of science, objectivity and impartiality

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Technical sciences Agricultural sciences

☐ 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

☐ 06.01.00 Agronomy

☐ 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSI) (izvestplag@mail.ru).

2. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.

3. Submission for review is carried out by the deputy after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, and title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 "Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules", GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 3 (67), 2022

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 3 (67), 2022**

Ответственный редактор – *Т. В. Черкашина*

Технический редактор – *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*

Перевод – *Е. А. Сидорова*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021

Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 1997 г. Выходит 4 раза в год

Подписной индекс ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru

Дата выхода 12.10.2022.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 374.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 3 (67), 2022**

Executive editor – *T. V. Tcherkashina*

Technical editor – *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*

Translation – *E. A. Sidorova*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021

Federal Service for Supervision of Communications,
Information technology and mass communications

Published since 1997. Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email izvestiya-volgau@mail.ru

Release Date 12.10.2022.

Edition 1000 (first factory 100). Order 374.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price