

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2 (62), 2021

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
2021

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 2 (62), 2021

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
2021

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 2 (62), 2021

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**

ИЗВЕСТИЯ

Нижневолжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 2 (62), 2021

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

№ 2 (62), 2021

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 (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsrb.ru/AKDIL/akad/base/RK/000534.shtm>

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>

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

**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

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

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->

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, Волгоградский ГАУ

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

Бородычев В.В., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор филиала Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

Borodychev V.V., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov

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

Dubenok N.N., Academician of the of the Russian Academy of Sciences, 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)

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, ФНЦ 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, директор, 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

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

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, Director, 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

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

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

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 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

Тютюма Н.В., 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, Волгоградский ГАУ

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 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

Tutyuma N.V., 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, Volgograd State Agrarian University

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

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., профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

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

Подковыров И.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Волгоградский ГАУ

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., 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., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.09 Овощеводство

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

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

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

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., 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 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.

06.02.00 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

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

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 Веденеева, г. Волжский

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

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

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

06.02.05 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 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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

Varakin A.T., Doctor of Agricultural 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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

Randelin A.V., Doctor of Agricultural 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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-01

THE EFFECTIVENESS OF MINERAL FEEDING OF VEGETATING IRRIGATED CHERRY SEEDLINGS

I. P. Kruzhilin¹, O.A. Nikolskaya^{2,3}

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

³Federal Research Center Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Received 28.04.2021

Submitted 11.06.2021

Summary

In the article, using the example of growing cherry seedlings in a nursery, presents the results of studies on the effect of drip irrigation in combination with the main background of macrofertilizers (RC) with plant fertilization growth-stimulating mono- (root feeding N_{10} kg a.i. / ha) and poly-fertilizers, spraying on leaf biostimulant Isabion (2 l / ha) and root top dressing with complex fertilizer Master (5 kg / ha).

Abstract

Introduction. The increase in fruit production to a deficit-free volume of consumption by the population and the needs of industrial processing in juices and canned food is associated with the need to expand the area of garden plantings and transfer of gardening to intensive use technologies. In this regard, the need for production volumes of domestic planting material that meets the modern requirements of amateur gardeners and industrial gardening is growing. **Object.** The object of research is cherry seedlings. **Results and Discussions.** Comparative assessment of seedlings dressing on a leaf with a biological product Isabion and a root complex fertilizer Master did not reveal significant advantages of any of them. However, both of these options for the yield of seedlings of the first grade were 20% higher than the indicators of the N_{10} top dressing option.

Key words: cherry seedlings, drip irrigation, soil water regime, mineral fertilizing, amino acids, fertilizers, macro- and microelements.

Citation. Kruzhilin I. P., Nikolskaya O.A. The effectiveness of mineral feeding of vegetating irrigated cherry seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 14-22 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-01.

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 634.232: 634.22:631.671.1:631.81

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОДКОРМОК ВЕГЕТИРУЮЩИХ ОРОШАЕМЫХ САЖЕНЦЕВ ЧЕРЕШНИ

И. П. Кружилин¹, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Никольская^{2,3}, аспирант, старший научный сотрудник

¹ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³ФНЦ Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.04.2021

Дата принятия к печати 11.06.21

Аннотация. На примере выращивания в питомнике саженцев черешни изложены результаты исследований по влиянию капельного орошения в сочетании основного фона макроудобрений (РК) с подкормками вегетирующих растений ростостимулирующими моно- (корневая подкормка N_{10} кг д.в./га) и полиудобрениями, опрыскиванием по листу биостимулятором Изабион (2 л/га) и корневой подкормкой комплексным удобрением Мастер (5 кг/га).

Актуальность. Увеличение производства фруктов до бездефицитного объема потребления населением и потребностей промышленной переработки в соки и консервы связано с необходимостью расширения площади садовых насаждений и переводом садоводства на интенсивные технологии использования. В связи с этим возрастает потребность в объемах производства отечественного посадочного материала, отвечающего современным требованиям садоводов-любителей и промышленного садоводства. **Объект.** Объектом исследований являются саженцы черешни. **Результаты и обсуждения.** Сравнительная оценка подкормок саженцев по листу биопрепаратом Изабион и корневой комплексным удобрением Мастер не выявила существенных преимуществ, какого-либо из них. Однако оба эти варианта по выходе саженцев первого сорта на 20 % превосходили показатели варианта подкормки N₁₀.

Ключевые слова: саженцы черешни, капельное орошение черешни, водный режим почвы, минеральные подкормки, аминокислоты, полиудобрения.

Цитирование. Кружилин И. П., Никольская О.А. Эффективность минеральных подкормок вегетирующих орошаемых саженцев черешни. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 14-22. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-01.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали 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. Долголетие плодоношения садовых насаждений закладывается использованием для этих целей высококачественного оздоровлённого посадочного материала. Получение отвечающих современным требованиям саженцев плодовых деревьев на светло-каштановых почвах достигается сочетанием орошения с внесением удобрений [9]. Как правило, в плодовых питомниках реализуется посадочный материал черешни однолетнего возраста. Сочетание в засушливых условиях орошения с минеральными или органическими удобрениями благоприятствует росту и формированию уже в первом году жизни саженцев с хорошо развитыми морфологическими и биометрическими данными, корневой системой, кроной и др. [2, 5, 6, 11, 15].

Особое место в удовлетворении потребности орошаемых саженцев плодовых культур в элементах минерального питания отводится созданию в период активного роста бездефицитного пищевого фона внесением макроудобрений (NPK) под основную обработку почвы, сочетающихся с минеральными подкормками в период вегетации растений [7, 12, 13]. В предлагаемой статье излагаются результаты четырехлетних исследований по оценке влияния на привитые вегетирующие саженцы черешни корневых и некорневых подкормок макро- и микроудобрениями на их формирование и выход саженцев первого сорта.

Материалы и методы. Исследования проводились в период с 2017 по 2020 гг. на территории лаборатории «Селекция, семеноводство и питомниководство» ФНЦ «Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН» в Дубовском районе Волгоградской области. Почва опытного участка представлена слабощелочным светло-каштановым подтипом. Содержание гумуса в пахотном слое низкое, в среднем за годы исследований 1,73 %, азота – изменялось в пределах от 0,10 до 0,36 %, валового фосфора – 0,2 % и валового калия – 1,7 % [3].

Объект исследований – саженцы черешни сорта Василиса, привитые на подвое Антипка и размещенные в питомнике по схеме 0,15 x 1,5 м. Планирование исследований и выбор схемы опытов основывались на учете происходящих с объектом исследований за период вегетации морфологических изменений в корневой системе и направленности физиологических процессов, связанных с превращением школки, подвоя и привоя в единый синхронно функционирующий организм – саженец. Подкормки са-

женцев проводились промышленно выпускаемыми смесями макро- и микроудобрений и сочетались с тремя происходящими в жизненном цикле саженцев периодов роста и развития. Первый период – превращение двух организмов адаптированного к местным условиям привоя и окулянта желаемого сорта черешни, второй – активный рост сформировавшихся в единый организм саженцев и третий – переход саженцев в состояние покоя. Схема опытов по сочетанию вариантов была принята такой:

– вариант 1 – с фазы распускания почек до начала активного прироста штамба с целью создания благоприятных условий для адаптации привоя с подвоем три подкормки минеральной смесью $N_{10}P_5$ кг д.в./га через каждые 10 дней, затем, до фазы начала вызревания саженцев, стимулирующие рост саженцев подкормки азотным удобрением N_{10} кг д.в./га через 14 дней. Все подкормки ($N_{10}P_5$ и N_{10}) осуществлялись с поливной водой (контроль);

– вариант 2 – до фазы начала активного роста штамба подкормки по схеме варианта 1 с последующим проведением через 14 дней двух стимулирующих рост некорневых (по листу) обработок саженцев биостимулятором роста Изабион дозой – 2 л/га, растворенного в 300 л воды;

– вариант 3 – до фазы начала активного прироста штамба подкормки по схеме первого варианта с последующим переходом на стимулирующую ростовые процессы подкормку до фазы завершения интенсивного прироста саженцев комплексным удобрением Мастер (NPK 18:18:18+3МЭ) через каждые 14 дней дозой 5 кг/га, растворённых в объёме воды расчётной поливной нормы. Корневые подкормки ($N_{10}P_5$ и Мастер) совмещались с проведением полива.

Закладка опытов в питомнике начиналась с внесения под осеннюю вспашку почвы на глубину 0,18-0,22 м, фосфорно-калийных удобрений дозой $P_{40}K_{60}$. Высаженная весной в питомник и прижившаяся школка распрививалась почкой выбранного сорта черешни в августе. С началом весны уход за школкой с окулянтом заключался в обрезке волчков, поросли, проведении 3-4, в зависимости от появления сорняков, междурядных культиваций, ручной прополке сорняков в приштамбовой зоне, при необходимости обработке сорняков в междурядьях после завершения механизированных обработок, из-за опасности повреждения саженцев гербицидом, защитных обработок саженцев пестицидами, а также в проведении по схеме опытов подкормок посадочного материала макро- и микроудобрениями.

Метеорологические условия в годы исследований характеризовались недостаточным по сравнению с климатической нормой количеством выпавших осадков. Так, по гидротермическому коэффициенту Г. Т. Селянинова (ГТК), представляющему собой отношение умноженной на 10 суммы осадков в мм за период со среднесуточными температурами, выше $10^{\circ}C$ к сумме температур за соответствующий период, 2017 г. с ГТК=0,6 характеризуется как засушливый, 2018 – ГТК=0,5 – сухой, 2019 – ГТК=0,7 – слабо засушливый и 2020 – ГТК=0,3 – сухой. Следовательно, все годы исследований относятся к категории разной степени засушливости и для поддержания в питомнике саженцев дифференцированного водного режима почвы, предусмотренного схемой опыта, обуславливают необходимость проведения поливов. Дифференциация схемы поливов увязывалась с изменяющимися в процессе вегетации зоной активной деятельности корневой системы и интенсивности потребления воды саженцами. С учетом этого в период адаптации привоя и подвоя до фазы активного роста штамба влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % НВ в слое 0,2 м. В последующие фазы после превращения двух органов в единый согласованно работающий организм глубина увлажняемого поливами слоя почвы увеличивалась до 0,4 м; с начала перехода саженцев к третьему периоду, периоду покоя, предполивной порог влажности активного слоя почвы (0,4 м) снижался до 70 % НВ.

Полив саженцев осуществлялся через капельные линии. Поливные нормы определялись с учетом необходимости поддержания влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,2 и 0,4 м, а в период перехода саженцев к покою – не ниже 70 % НВ в слое 0,4 м по формуле А. Н. Костякова в модификации для капельного орошения И. П. Кружилина, Е. А. Ходякова и др. и составили по периодам 50, 100 и 160 м³/га [14].

Наблюдения за развивающимися саженцами проводились с момента весеннего пробуждения привитых глазков. Необходимые замеры для оценки влияния подкормок на рост и развитие вегетирующих саженцев, а также закладка опытов проводились с учетом требований методических рекомендаций Седова Е. Н. и Огольцовой Т. П. [11], Доспехова Б. А. [4] и др.

Динамика формирования надземной части саженцев определялась измерением высоты штамба до конца периода активного роста один раз в 7 дней, а в период вызревания штамба – один раз в две недели по вариантам опыта в пятикратной повторности. Варианты опыта закладывались в трехкратной повторности при систематическом одноярусном размещении со 120 растениями в каждом из них.

Результаты и обсуждение. Регламент капельного орошения саженцев черешни с учетом особенностей погодных условий, прежде всего температурного режима и суммы выпавших за вегетационный период осадков по периодам вегетации растений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение поливов по периодам вегетации саженцев черешни в годы исследований

Table 1 – Distribution of irrigation by growing season of cherry seedlings in the years of research

Год/Year	Число / нормы полива (м ³ /га) по периодам вегетации /Number / irrigation rates (m ³ /ha) by growing season			Общее число/Total number of waterings	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ / ha
	I	II	III		
2017	6/50	8/100	2/160	16	1420
2018	10/50	8/100	1/160	19	1460
2019	7/50	8/100	1/160	16	1310
2020	10/50	13/100	2/160	25	2120

Данные по числу поливов и оросительной норме, приведенные в таблице 1, позволяют сделать вывод о том, что самым засушливым был 2020 год, а наименее затратным по использованию оросительной воды на выращивание саженцев – 2019 г.

Сравнительная оценка эффективности использования для улучшения минерального питания подкормок вегетирующих саженцев черешни (таблицы 2) показала, что опрыскивание биостимулятором роста Изабион и внесение с поливной водой комплексного удобрения Мастер стимулировали рост штамба, а следовательно, и формирование кроны по сравнению с контролем, где корневая подкормка проводилась только азотом в дозе 10 кг д.в./га.

Активизации ростовых процессов саженцев во втором и третьем вариантах способствовало наличие в биостимуляторе, наряду с азотом, необходимых для роста саженцев аминокислот и пептидов, а в комплексном удобрении – сочетание азота с фосфором, калием и микроэлементами хелатной формы цинком, медью, марганцем и железом, а также магнием, серой и бором. Поэтому на фоне подкормок биостимулятором Изабион высота штамба саженцев в среднем за 4 года была выше контрольного варианта на 0,21 м, а комплексным удобрением Мастер – 0,19 м.

Таблица 2 – Динамика роста саженцев по периодам вегетации

Table 2 – Dynamics of sapling growth by growing season

Год / Year	Вариант/ Option	Пробуждение почек/ Awakening of the kidneys	Образование 3-4 листа/ Formation of 3-4 sheets	Активный рост / Active growth		Завершение вегетации / End of the growing season
				Начало / Start	Конец/ Ending	
2017	1	0,01	0,05	0,30	1,64	1,69
	2	0,01	0,05	0,30	1,86	1,94
	3	0,01	0,05	0,31	1,83	1,88
2018	1	0,01	0,05	0,42	1,52	1,79
	2	0,01	0,05	0,42	1,89	2,06
	3	0,01	0,05	0,42	1,87	2,07
2019	1	0,01	0,05	0,38	1,66	1,83
	2	0,01	0,05	0,38	1,86	2,03
	3	0,01	0,05	0,38	1,89	2,04
2020	1	0,01	0,05	0,42	1,65	1,77
	2	0,01	0,05	0,41	1,76	1,89
	3	0,01	0,05	0,41	1,73	1,85
За 4 года	1	0,01	0,05	38	1,62	1,77
	2	0,01	0,05	38	1,86	1,98
	3	0,01	0,05	38	1,83	1,96

Результаты опытов показали, что некоторые отклонения темпов прироста саженцев в разные годы связаны с особенностями метеорологических условий и сроками проведения подкормок. Так, в июле 2019 года выпавшие 59,8 мм осадков отодвинули сроки подкормок саженцев как по листу, так и прикорневой системы в связи с ненужностью проведения в эти сроки полива [1].

В первом периоде, до начала активного роста, саженцы черешни во всех вариантах имели практически одинаковую высоту штамба с отклонением в пределах ошибки измерений. С началом периода активного роста в темпах прироста штамба в вариантах опыта проявились различия. Более активный прирост их, как отмечено выше, наблюдался под влиянием подкормок второго и третьего вариантов. При этом показатели высоты штамба саженцев второго и третьего вариантов опыта до завершения активного роста различались между собой точностью измерения. Некоторые различия у них появились к периоду завершения вегетации в связи со снижением предполивной влажности почвы в период перехода к покою. Темпы недельного прироста саженцев в этих вариантах в период активного роста штамба варьировали в пределах 0,11 – 0,17 м, в то время как в контрольном варианте они характеризовались показателем 0,08-0,014 м. Аналогичная закономерность показателей сложилась и при оценке влияния подкормок на диаметр штамба (таблица 3).

Таблица 3 – Биометрические показатели созревших к периоду покоя саженцев черешни

Table 3 – Biometric indicators of cherry seedlings matured by the dormant period

Вариант/ Option	Высота надземной части, м / Height of the aboveground part, m					Диаметр условной корневой шейки, мм / Diameter of the conditional root neck, mm				
	2017	2018	2019	2020	Ср.	2017	2018	2019	2020	Ср.
1 (К)	1,69	1,79	1,83	1,77	1,77	49	55	53	54	52
2	1,94	2,06	2,05	1,89	1,98	55	58	60	59	58
3	1,88	2,07	2,04	1,85	1,96	52	57	55	59	55

И все-таки основным показателем эффективности подкормок является выход стандартных высококачественных саженцев [2]. Во втором и третьем вариантах подкормок в среднем за 4 года саженцев первого сорта было больше по сравнению с контролем на 17%. Самым высоким выход саженцев первого сорта, 96 %, был в варианте с применением внекорневых подкормок препаратом Изабион в 2019г. За 4 года выход саженцев 1 сорта во втором и третьем вариантах подкормок отличался между собой на 1% (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние вариантов подкормки на формирование сортовых показателей саженцев черешни, %

Table 4 –Biometric indicators of cherry seedlings matured by the dormant period, %

Вариант/ Option	1 сорт/ 1 variety					2 сорт/ 2 variety					Выход товарных саженцев, ср / Yield of commercial seedlings, wed
	2017	2018	2019	2020	Сред.	2017	2018	2019	2020	Сред.	
1 (к)	71	72	75	73	73	25	24	23	19	23	100
2	85	89	96	91	90	11	9	3	6	7	103
3	86	90	95	90	90	13	7	4	7	7	103

По выходе товарных саженцев, к которому относятся первый и второй сорта, показатели второго и третьего вариантов подкормок в среднем за 4 года были равными и превысили контроль на 3 %.

Выводы. Имеющее место в настоящее время расширение площади и перевод отечественного садоводства на уплотнённые схемы посадки деревьев и интенсивные технологии содержания садов связан с более высокой потребностью в количественных показателях получения высококачественного посадочного материала. Основные пути решения проблемы обеспечения промышленного и любительского садоводства конкурентоспособным, отечественного производства посадочным материалом с импортным связаны с получением в питомниках, расположенных в зоне закладки садов, саженцев, отвечающих всем требованиям современного питомниководства. Полученные нами в четырехлетних исследованиях результаты позволяют утверждать, что в засушливых условиях при выращивании в питомниках орошаемых однолетних саженцев черешни в сочетании с подкормками ростостимулирующими комплексными удобрениями вегетирующих растений в дополнение к основному фону макроудобрений повышает выход саженцев первого сорта по сравнению с подкормками моноудобрениями на 17 %.

Сравнительная оценка эффективности подкормок вегетирующих саженцев по листу биопрепаратом Изабион и корневой комплексным удобрением Мастер не выявила особых преимуществ какого-либо из них. Полученные некоторые предпочтительные показатели характеристики саженцев при подкормках препаратом Изабион не подтверждаются существенным отличием от саженцев, подкармливаемых комплексным удобрением Мастер. Однако оба эти варианта подкормок по показателям выхода саженцев первого сорта на 17 % превосходят продукцию, полученную при подкормках ростостимулирующим монопрепаратом азотом дозой 10 кг д.в/га.

Библиографический список

1. Архив погоды в Волгограде [Электронный ресурс]. <http://pogodaiklimat.ru.html>
2. Винтер М. А., Щербаков Н. А. Производство посадочного материала плодовых культур в России: проблемы и решения // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 52 (4). С. 42-49.

3. Дегтярева Е. Т., Жулидова А. Н. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1970. 320 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Исаев Р. Д., Сергеев Д. В. Влияние некорневых подкормок на ростовую активность саженцев груши в питомнике // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 32. № 1. С. 170-175.
6. Кашин В. И. Питомниководство как главное звено в научно-практическом обеспечении садоводства России // Плодоводство и ягодоводство России. 2002. Т. IX. С. 3-28.
7. Кружилин И. П., Курапина Н. В., Гусев Д. Э. Элементы технологии выращивания саженцев при капельном орошении // Природообустройство. 2008. № 3. С. 25-29.
8. Курапина Н. В., Никольская О. А. Влияние капельного орошения и удобрений на приживаемость и биометрические показатели саженцев черешни // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 55. С. 226-230.
9. Орошение и применение удобрений в Нечерноземной зоне РФ: монография / В. Г. Сычев [и др.]. М.: ЦИНАО, 2004. 276 с.
10. Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия: ГОСТ Р 53135-2008. М.: Стандартинформ, 2009. 45 с.
11. Седов Е. Н. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
12. Сергеев Д. В., Исаев Р. Д. Влияние минеральных удобрений на биометрические показатели подвоев и однолетних саженцев груши в питомнике // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 102-105.
13. Смирнов Р. В., Чумаков С. С. Перспективы применения комбинированной системы минерального питания саженцев яблони в условиях современного питомника // Субтропическое и декоративное садоводство. 2020. № 73. С. 173-180.
14. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов: пат. 2204241 РФ, МПК А 01 G 25/02 / Кружилин И. П., Салдаев А. М., Кружилин Ю. И., Ходяков Е. А., Галда А. В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия. № 2001128337/13; заявл. 18.10.01; опубли. 20.05.03. Бюл. № 14. 5 с.
15. Biodegradable polymer/clay systems for highly controlled release of npk fertilizer / T. S. Daitx [et al.] // Polymers for Advanced Technologies. 2019. V. 30. № 3. P. 631-639.
16. Scholz K., Helrn H.-U. Die Stickstoffemahrung beim Apfel. 2.Teil. Erfassung des N- Versorgungszustandes und Dungungsma Bnahmen // Erwerbs-Obstbau. 2001. V. 43. № 1. P. 7-14.
17. Szwczuk, A., Gudarowska E. The effect of soil mulching and irrigation on yielding of apple trees in ridge planting // Journal of fruit and ornamental plant research. Skierniewice, Poland. 2004. Vol. XII. P. 139-146.

Conclusion. The current expansion of the area and the transfer of domestic horticulture to compacted tree planting schemes and intensive technologies for maintaining orchards is associated with a higher demand for quantitative indicators of obtaining high-quality planting material. The main ways to solve the problem of providing industrial and amateur gardening with competitive, domestic production, planting material with imported ones is associated with obtaining seedlings in nurseries located in the area of laying gardens that meet all the requirements of modern nursery production. The results obtained by us in four-year studies allow us to assert that in arid conditions, when growing in nurseries irrigated annual cherry seedlings in combination with fertilizing with growth-stimulating complex fertilizers of vegetative plants, in addition to the main background of macro-fertilizers, increases the yield of seedlings of the first grade up to 20 %.

Comparative evaluation of the effectiveness of fertilizing vegetative seedlings on the leaf with the biological product Isabion and the root complex fertilizer Master did not reveal any special advantages of any of them. Some of the preferable characteristics of the seedlings

obtained when feeding with Isabion are not confirmed by a significant difference from the seedlings fed with the Master complex fertilizer. However, both of these top dressing options, in terms of the yield of first grade seedlings, are 20% higher than the products obtained with top dressing with a growth-stimulating nitrogen monopreparation at a dose of 10 kg a.i / ha.

References

1. Archive of weather in Volgograd [Electronic resource]. <http://pogodaiklimat.ru.html>.
2. Winter M. A., Shcherbakov N. A. Production of planting material for fruit crops in Russia: problems and solutions // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2018. No. 52 (4). P. 42-49.
3. Degtyareva E. T., Zhulidova A. N. Soils of the Volgograd region. Volgograd: Nizhne-Volzh. book publishing house, 1970. 320 p.
4. Dospekhov B. A. Field experiment technique. Ed. 5th, add. and revised. M.: Alliance, 2014. 351 p.
5. Isaev R. D., Sergeev D. V. Influence of foliar dressing on the growth activity of pear seedlings in the nursery // Fruit and berry growing in Russia. 2012. V. 32. No. 1. P. 170-175.
6. Kashin V. I. Nursery as the main link in scientific and practical support of gardening in Russia // Fruit and berry growing in Russia. 2002. V. IX. P. 3-28.
7. Kruzhilin I. P., Kurapina N. D., Gusev D. E. Elements of technology for growing seedlings with drip irrigation // Environmental Engineering. 2008. No. 3. P. 25-29.
8. Kurapina N. V., Nikolskaya O. A. Influence of drip irrigation and fertilizers on the survival rate and biometric indicators of sweet cherry seedlings // Fruit and berry growing in Russia. 2018. Vol. 55. P. 226-230.
9. Irrigation and application of fertilizers in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation: monograph / V. G. Sychev [et al.]. Moscow: TsINAO, 2004. 276 p.
10. Planting material for fruit, berry, subtropical, nut, citrus and tea crops. Specifications: GOST R 53135-2008. M.: Standartinform, 2009. 45 p.
11. Sedov E. N. The program and methodology for the selection of fruit, berry and nut crops. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p.
12. Sergeev D. V., Isaev R. D. Influence of mineral fertilizers on biometric indicators of rootstocks and annual pear seedlings in the nursery // Bulletin of Michurinsky State Agrarian University. 2012. No. 3. P. 102-105.
13. Smirnov R. V., Chumakov S. S. Prospects for the use of a combined system of mineral nutrition of apple seedlings in a modern nursery // Subtropical and ornamental gardening. 2020. No. 73. P. 173-180.
14. Method for determining irrigation rates for drip irrigation of tomatoes: pat. 2204241 RF, IPC A 01 G 25/02. / Kruzhilin I. P., Saldaev A. M., Kruzhilin Yu. I., Khodyakov E. A., Galda A. V.; applicant and patentee Vseros. nauch.-issled. Institute of Irrigated Agriculture. No. 2001128337/13; declared 10/18/01; publ. 05/20/03, Bul. No. 14. 5 p.
15. Biodegradable polymer/clay systems for highly controlled release of npk fertilizer / T. S. Daitx [et al.] // Polymers for Advanced Technologies. 2019. V. 30. № 3. P. 631-639.
16. Scholz K., Helrn H.-U. Die Stickstoffemahrung beim Apfel. 2.Teil. Erfassung des N- Versorgungszustandes und Dungungsma Bnahmen // Erwerbs-Obstbau. 2001. V. 43. № 1. P. 7-14.
17. Szewczuk, A., Gudarowska E. The effect of soil mulching and irrigation on yielding of apple trees in ridge planting // Journal of fruit and ornamental plant research. Skierniewice, Poland. 2004. Vol. XII. P. 139-146.

Author's Information

Kruzhilin Ivan Panteleevich - chief researcher of the all-Russian research Institute of irrigated agriculture (Russia 400002, Volgograd, street Timiryazeva, 9); tel. office 8(844) 260-24-36, mobile-8-902-363-12-01; vnioz2009@rambler.ru.

Nikolskaya Olga Alekseevna - Senior Researcher of the Laboratory of Breeding, Seed Production and Nursery of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (Russia, 400062, Volgograd, Prospect Universitetsky, 97), postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University, tel. 8-927-256-58-09; Lelka-Nikolskaya@mail.ru

Информация об авторах

Кружилин Иван Пантелеевич, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (РФ 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9); тел. служебный 8(844) 260-24-36, vnii02009@rambler.ru

Никольская Ольга Алексеевна, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97.), аспирант ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, тел. 8-927-256-58-09; Lelka-Nikolskaya@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-02

**RESULTS OF MOLECULAR-GENETIC STUDIES
OF THE BREEDING MATERIAL OF THE NEW GENERATION COTTON**

**V.A. Antonov¹, O.Kh. Kimsanbaev², I.Yu. Podkovyrov³,
S.A. Prikhodko³, D.S. Sharonov³**

¹*Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology*

²*Ajlan and Bros. Holding group, Riyadh, Saudi Arabia*

³*Volgograd State Agrarian University*

Received 26.10.2020

Submitted 12.04.2021

Abstract

Introduction. The use of molecular genetic methods in cotton plant breeding is an urgent task, which makes it possible to reduce the time for creating varieties with economically valuable traits. The emergence of new breeding samples of hybrid origin (PGSSH 1, PGSSH 7) with a long-day photoperiodic reaction, resistance to diseases and sucking pests, high quality fiber requires genetic research. Their comparison with breeding samples of semi-cultivated cotton (with green, red, gray fibers) makes it possible to reveal differences and identify genetic markers that ensure the realization of the biological potential of plant development. The purpose of our study was to identify genetic markers of economically valuable traits of cotton for the creation of a new generation of breeding material for the northern regions of cultivation based on the molecular genetic polymorphism of the DNA (Deoxyribonucleic acid) of the studied samples. For research, we have selected two of the most effective methods for assessing genetic polymorphism using DNA markers. The first of these is the method of SSR markers - (English Simple Sequence Repeats), PCR (Polymerase chain reaction) with flanking primers to a short mini or microsatellite repeat. Another method using short random primers is RAPD analysis (Random Amplified Polymorphic DNA). **Results and discussion.** As a result of the study, it was found that SSR markers CM 129A-1, NAU-3299, SHIN-1409, BNL-299, TMB-0641, CGR-5238, CGR-5260, CGR-5249, CGR-5253 have the same indicators in all of the samples participating in the study, and only three markers (CM-43, CM-50, CGR-5264) show significant differences. Even in the varieties PGSSKh 1 and PGSSKh 7, which were obtained using the same breeding lines, these differences were found. As a result of the RAPD analysis using random primers (PR7, RA, Jeffreys, 33.15), 5 cotton genotypes were marked, for each of which a characteristic pattern was obtained - the RAPD spectrum. A total of 284 amplified markers were obtained for 5 cultivars. For several varieties, unique DNA fragments have been identified, which, most likely, can be considered species-specific, but in a certain combination can also be used as genus-specific markers. On average, for each primer, 17 marker DNA fragments were amplified for each cotton variety. The data obtained indicate that the most genetically distant variety is PGSSKh 7. The most closely related variety is PGSSKh1, which has a creamy fiber color and a variety with red fiber. These specimens are characterized by a short growing season of 110-115 days. As for the White and Green varieties, they are similar in fiber length and belong to the long-fiber group, and also have a longer growing season, ranging from 140 to 150 days. Variety PGSSH 7 is a new genetic donor of economically valuable traits. It is characterized by high yields, short growing periods and high quality fiber. **Conclusions.** Three microsatellite loci were found in the studied cotton varieties suitable for identification. The analyzed selection samples have both similar

and different DNA fragments. On their basis, it is possible to identify varieties that are promising for hybridization and accelerate the process of breeding work, and when using additional genotyping methods, in the future, it is possible to trace the process of inheritance of economically valuable traits in offspring. The results obtained in this work are of practical value for certification and identification of the studied varieties on the basis of their identified genetic characteristics.

Key words: cotton (*Gossypium*), RAPD analysis, microsatellite analysis, primer, genetic markers, breeding.

Citation. Antonov V.A., Kimsanbaev O.Kh., Podkovyrov I.Yu., Prikhodko S.A., Sharonov D.S. Results of molecular-genetic studies of the breeding material of the new generation cotton. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 22-32 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-02.

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 577.2:633.511:631.526.32

РЕЗУЛЬТАТЫ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ХЛОПЧАТНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В. А. Антонов¹, доктор медицинских наук, и.о. директора
О. Х. Кимсанбаев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. Ю. Подковыров³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
С. А. Приходько³, ведущий специалист
Д. С. Шаронов³, старший лаборант

¹ФГУП Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии,
г. Волгоград, Россия

²«Ajlan and Bros. Holding group», Эр-Рияд, Саудовская Аравия

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.10.2020

Дата принятия к печати 12.04.2021

Актуальность. Применение в селекции растений хлопчатника молекулярно-генетических методов является актуальной задачей, позволяющей сократить время создания сортов с хозяйственно ценными признаками. Появление новых селекционных образцов гибридного происхождения (ПГССХ 1, ПГССХ 7) с длиннодневной фотопериодической реакцией, устойчивостью к болезням и сосущим вредителям, волокном высокого качества требует генетических исследований. Их сравнение с селекционными образцами полукультурного хлопчатника (с волокном зеленого, рыжего, серого цветов) позволяет выявить различия и выявить генетические маркеры, обеспечивающие реализацию биологического потенциала развития растений. Целью нашего исследования являлось выявление генетических маркеров хозяйственно ценных признаков хлопчатника для создания селекционного материала нового поколения для северных регионов культивирования на основе молекулярно-генетического полиморфизма ДНК исследуемых образцов. Для исследований нами были выбраны два наиболее эффективных метода оценки генетического полиморфизма с использованием ДНК-маркеров. Первым из них является метод SSR-маркеров (англ. Simple Sequence Repeats), ПЦР с флангирующими праймерами к короткому мини- или микросателлитному повтору. Другой метод с использованием коротких произвольных праймеров – RAPD-анализ (англ. Random Amplified Polymorphic DNA). **Результаты и обсуждение.** В результате исследования установлено, что SSR-маркеры CM 129A-1, NAU-3299, SHIN-1409, BNL-299, TMB-0641, CGR-5238, CGR-5260, CGR-5249, CGR-5253 имеют одинаковые показатели у всех образцов, участвующих в исследовании, и только в трёх маркерах (CM-43, CM-50, CGR-5264) наблюдаются значимые различия. Даже у сортов ПГССХ 1 и ПГССХ 7, которые были получены в результате использования одних и тех же се-

лекционных линий, были обнаружены эти различия. В результате проведенного RAPD анализа с использованием произвольных праймеров (PR7, RA, Jeffreys, 33.15) было маркировано 5 генотипов хлопка, для каждого из которых был получен характерный паттерн – RAPD спектр. В общей сложности для 5 сортов было получено 284 амплифицированных маркера. Для нескольких сортов определены уникальные ДНК-фрагменты, которые, по всей видимости, можно считать видоспецифичными, но в определенном сочетании могут быть использованы и в качестве родоспецифичных маркеров. В среднем по каждому праймеру амплифицировано по 17 маркерных фрагментов ДНК для каждого сорта хлопка. Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее генетически отдаленным является сорт ПГССХ 7. Наиболее близкородственными являются сорт ПГССХ1, отличительной чертой которого является кремовый цвет волокна, и сорт с рыжим волокном. Эти образцы отличаются коротким периодом вегетации – 110-115 дней. Что касается сортов Белый и Зелёный, то они сходны по длине волокна и относятся к длинноволокнистой группе, а также имеют более длительный период вегетации, варьирующий от 140 до 150 дней. Сорт ПГССХ 7 является новым генетическим донором хозяйственно ценных признаков. Он отличается повышенной урожайностью, коротким периодом вегетации и волокном высокого качества. **Выводы.** Найдены три микросателлитных локуса у исследованных сортов хлопчатника, пригодных для идентификации. Анализируемые селекционные образцы имеют как сходные, так и различающиеся фрагменты ДНК. На их основе возможно выявление перспективных для гибридизации сортообразцов и ускорение процесса селекционной работы, а при использовании дополнительных методов генотипирования в перспективе можно проследить процесс наследования хозяйственно ценных признаков у потомства. Результаты, полученные в данной работе, представляют практическую ценность для паспортизации и идентификации исследуемых сортов на основе их выявленных генетических особенностей.

Ключевые слова: хлопчатник (*Gossypium*), RAPD анализ, микросателлитный анализ, праймеры, генетические маркеры, селекция хлопчатника.

Цитирование. Антонов В.А., Кимсанбаев О.Х., Подковыров И.Ю., Приходько С.А., Шаронов Д.С. Результаты молекулярно-генетических исследований селекционного материала хлопчатника нового поколения. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 22-32. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали 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. При исследовании геномов растений у ученых и селекционеров возникает гораздо больше трудностей, чем при исследовании геномов других живых организмов [1, 2]. Помимо огромных размеров геномов растений, которые достигают для отдельных видов растений сотни миллиардов пар нуклеотидов, существует и масса других обстоятельств, усложняющих эту проблему. К ним можно отнести: резкое колебание числа хромосом, трудность хромосомного картирования отдельных генов, длительный процесс размножения большинства растений, что, в свою очередь, замедляет их генетический анализ, а также из-за отсутствия возможности выделения индивидуальных хромосом в чистом виде, методами, которые обычно применяют для получения хромосом человека или животного, и многие другие факторы, описанные в литературе [3].

Хлопчатник (лат. *Gossypium*) является одной из ведущих и важных сельскохозяйственных культур России [5, 13]. Изучение генома этой культуры создает большие перспективы для улучшения хозяйственноценных признаков производимых сортов при помощи молекулярных методов и селекции [6, 11]. Селекция по своей сути является непрерывным процессом, ведь возрастающие требования к качеству и, что самое главное, количеству продукции, мотивируют на постоянное обновление сортов этой куль-

туры, делают их более устойчивыми к проблемам фитопатогенного характера, а также устойчивыми к местным климатическим особенностям регионов страны. Важность этой культуры трудно переоценить: это растение в прямом смысле слова одевает едва ли не половину мира, и, помимо текстильной индустрии, волокна этого растения используют для изготовления различных взрывчатых веществ [7]. Создание новых устойчивых к болезням сортов с комплексом хозяйственно ценных качеств является актуальной задачей [8, 9, 10]. Традиционные методы селекции, основанные на фенотипическом сходстве и отличии, используются и по сей день, поскольку их анализ не требует сложных методик и дорогостоящего оборудования, но на данный момент все большую популярность набирают современные методы, основанные на полиморфизме нуклеотидных последовательностей ДНК с применением ДНК-маркеров (RAPD, SSR, ISSR). Маркеры, в свою очередь, нашли широкое применение в получении молекулярно-генетических характеристик гибридов, а также их родительских форм. Наиболее надежными являются SSR-маркеры, основанные на полиморфизме длины коротких повторов (микросателлитов), разбросанных по всему геному, а также RAPD-метод, который прост в исполнении и при правильном подборе праймеров и стандартизации метода обладает высокой информативностью. По сравнению с фенотипическими признаками ДНК-маркеры стабильны, хорошо воспроизводимы и не зависят от влияния факторов окружающей среды [11, 12].

Целью нашего исследования являлось выявление генетических маркеров хозяйственно ценных признаков хлопчатника для создания селекционного материала нового поколения для северных регионов культивирования на основе молекулярно-генетического полиморфизма ДНК исследуемых образцов.

Материалы и методы. В качестве предмета исследований был использован растительный материал пяти сортов хлопчатника селекции учёных Волгоградского ГАУ (Белый, Зеленый, Рыжий, ПГССХ-1, ПГССХ-7).

Для исследования мы выбрали два наиболее эффективных метода оценки генетического полиморфизма с помощью ДНК-маркеров [11]. Первым из них является метод SSR-маркеров (англ. Simple Sequence Repeats), ПЦР с фланговыми праймерами к короткому мини- или микросателлитному повтору. По сравнению с другими методами (RAPD и ISSR) использование маркеров SSR обеспечивает высокую надежность и воспроизводимость результатов, однако одна пара флангирующих праймеров позволяет рассмотреть полиморфизм только одного локуса. Проявление кодоминантного характера этих маркеров позволяет различить гетеро- и гомозиготные растения на ранних стадиях развития, что значительно экономит время при получении новых сортов и гибридов. Нередки случаи, когда полиморфизм невозможно обнаружить во многих исследуемых локусах, как правило, эти последовательности являются видоспецифичными для данного микросателлитного локуса. Переживая генетические изменения, эти последовательности мутируют в несколько сотен раз чаще, чем структурированные гены, и указывают на высокий уровень полиморфизма через изменение их длины и расположения. Второй, самый распространенный и простой в исполнении метод, это RAPD-типирование (Random Amplified Polymorphic DNA), полимеразная цепная реакция с использованием одиночных и коротких, чаще всего 10-членных праймеров с произвольной нуклеотидной последовательностью. Молекулярные маркировки методом RAPD особенно эффективны в отношении видов со слабыми межсортовыми различиями, включая хлопок.

Последовательность праймеров не является абсолютно любой, как правило, преимущественно предпочтительной является последовательность богатая GC составляющей, в диапазоне 40-70 % и 50-100 % лингвистической сложности нуклеотидной после-

довательности. Еще одним преимуществом этого метода является то, что он позволяет использовать как одиночный праймер, так и несколько пар праймеров. RAPD-продукты формируются в результате амплификации фрагментов геномной ДНК, фланкированной инвертированной последовательностью используемого праймера. RAPD-метод по своей технологии является универсальным для изучения различных видов, ведь, как правило, праймер, отображающий высокий полиморфизм для одного вида, будет эффективен и для других генотипов. Оба описанных выше метода позволяют производить как подбор родительских пар для скрещивания, так и проводить идентификацию для дальнейшей паспортизации сортов.

Методика молекулярно-генетического анализа селекционного материала хлопка включала несколько этапов.

Экстракция ДНК. Материалом исследования послужили первые истинные листья ростков хлопчатника. Выделение ДНК из исследуемых образцов производили с использованием комплекта реагентов «Проба-ЦТАБ» (ООО «АгроДиагностика», Россия). С целью получения статистически значимых результатов в исследовательской работе были использованы образцы от 10 растений каждого изучаемого сорта. Полимеразную цепную реакцию проводили с олигонуклеотидными праймерами, синтезированными в НПК «Синтол» (Россия, г. Москва).

Амплификация ДНК. Для фрагментного анализа микросателлитов была проведена амплификация ДНК с использованием термоциклера «Терцик» производства ООО ДНК-Технология (Россия, г. Москва). Продолжительность ПЦР составила 30 циклов, была применена процедура горячего старта. Объем ПЦР-смеси составил 25 мкл. Реакционная ПЦР-смесь имела следующий состав: dNTP – 0,25 mM; MgCl₂ – 1,5 mM; Taq-полимераза – 1 единица; праймеры – 0,12 мкМ (каждого); ПЦР-буфер; ДНК исследуемого образца – 100 нг. Минеральное масло было нанесено на поверхность амплификационной смеси в количестве 30 мкл. Для проведения ПЦР был выбран оптимальный температурный режим: шаг денатурации – при t 95 °C в течение 1 мин (95 °C на протяжении 10 сек; этап отжига праймеров – 60 °C продолжительностью 10 сек; шаг элонгации (синтеза) цепи – 72 °C в течение 10 сек), финальная полимеризация цепей ДНК – при t 72 °C на протяжении 3 мин. Исследование флуоресцентно-меченных ампликонов были проведены на базе НПК «Синтол» (Россия, г. Москва) методом капиллярного электрофореза.

Для проведения RAPD-анализа также была проведена амплификация ДНК с использованием термоциклера «Терцик» производства ООО ДНК-Технология (Россия, г. Москва). В данном случае продолжительность ПЦР составила 45 циклов (был применен «горячий старт»). Объем ПЦР-смеси составил 25 мкл. Амплификационная смесь имела следующий состав: dNTP – 0,2 mM; MgCl₂ – 2,5 mM; Taq-полимераза – 1 единица; праймеры – 0,10 мкМ (каждого); ПЦР-буфер; ДНК исследуемого образца – 100 нг. Для проведения ПЦР был выбран следующий температурный режим: шаг денатурации – при t 95 °C в течение 5 мин (95 °C на протяжении 30 сек; этап отжига праймеров – 36 °C продолжительностью 30 сек; шаг элонгации (синтеза) цепи – 72 °C в течение 2 мин), финальная полимеризация цепей ДНК – при t 72 °C на протяжении 7 мин. При электрофоретическом разделении нуклеиновых кислот в агарозном геле была применена стандартная методика [11].

Анализ данных. Размер фрагментов ДНК, полученных в ходе осуществления микросателлитного анализа, был проанализирован с помощью программного обеспечения Peak Scanner Software v1.0. При детектировании ПЦР-продукта, предназначенного для RAPD-анализа, проводили разделение ДНК фрагментов электрофорезным методом ДНК в 3 %

агарозном геле, для приготовления которого использовали трис-боратный буфер при градиенте напряжения 5В/см. После электрофореза производили съемку подкрашенного этидиум-бромидом геля при помощи гель-документирующей системы «GelDoc EZ» (Bio-Rad Laboratories, Inc. США). Для RAPD-анализа были построены бинарные матрицы по каждому из праймеров. Кластерный анализ и построение дендрограмм проводили с помощью программного обеспечения DARwin 6.lnk на основании метода ближайшего соседа (Neighbor Joining) как для фрагментного анализа, так и для RAPD-анализа.

Результаты и обсуждение. Метод микросателлитного анализа позволяет стандартизовать и сопоставлять результаты, полученные в различных лабораториях, при условии использования идентичных хромосомных локусов. Данное исследование направлено на оценку степени генетического разнообразия и в дальнейшем с возможностью паспортизации сортов хлопка местной селекции. Из литературных источников нами были отобраны 12 микросателлитных маркеров, а также 4 пары праймеров, предназначенных для RAPD-типирования, которые позволяют надежно различать и идентифицировать сорта по генетическим признакам.

Взятые нами SSR-маркеры находятся на разных хромосомах, что, в свою очередь, делает анализ более надежным и информативным. Так, из 12 использованных пар праймеров полиморфные участки удалось выявить по 3 ДНК-фрагментам. В сумме для группы образцов обнаружены 22 аллели для 12 SSR-маркеров. Данные анализа представлены в виде таблицы (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты анализа 5 генотипов хлопчатника с применением SSR-маркеров

Table 1 – Results of analysis of 5 cotton genotypes using SSR markers

Наименование образца / Sample name	SSR-праймер / SSR-primer	1. Рыжий / Ginger	2. Белый / White	3. Зеленый / Green	4. ПГССХ 1 / PGSSH 1	5. ПГССХ 7 / PGSSH 7
Размер продуктов амплификации в п.н. в результате применения SSR-маркеров / Amplification products size in bp. as a result of using SSR markers	CM 129A-1	64	64	64	64	64
	CM 43	103/118	110	110	103/118	103/110
	CM 50	166	166	166	164	164
	NAU 3299	180	180	180	180	180
	SHIN-1409	198	198	198	198	198
	BNL 299	126/130	126/130	126/130	126/130	126/130
	TMB 641	213	213	213	213	213
	CGR 5238	175/190	175/190	175/190	175/190	175/190
	CGR 5260	109/124	109/124	109/124	109/124	109/124
	CGR 5249	129	129	129	129	129
	CGR 5264	133/142	142	142	133/142	142
	CGR 5253	121/132	121/132	121/132	121/132	121/132

В результате исследования установлено, что SSR-маркеры CM 129A-1, NAU 3299, SHIN 1409, BNL 299, TMB 0641, CGR 5238, CGR 5260, CGR 5249, CGR 5253 имеют одинаковые показатели у всех образцов, участвующих в исследовании, и только в трёх маркерах (CM 43, CM 50, CGR 5264) наблюдаются значимые различия. Даже у сортов ПГССХ 1 и ПГССХ 7, которые были получены в результате использования одних и тех же селекционных линий были обнаружены эти различия. На основании величин генетических расстояний, полученных после микросателлитного анализа, на основе метода «Neighbor Joining» была построена дендрограмма генетических взаимоотношений при помощи программы DARwin 6.lnk (рисунок 1).

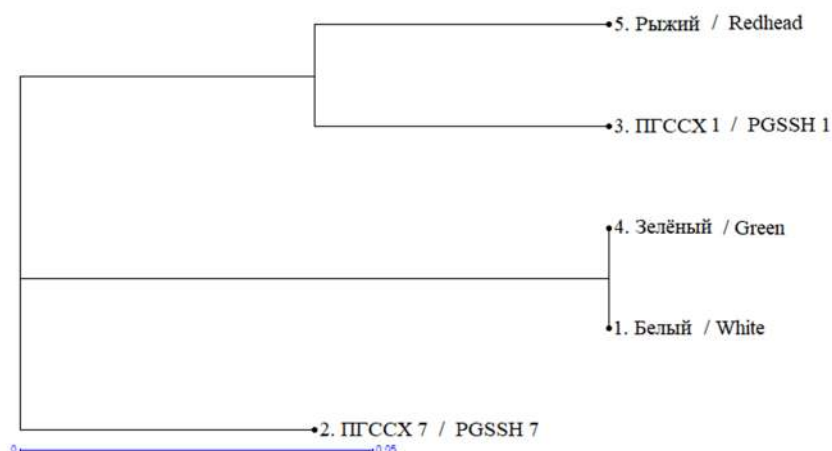


Рисунок 1 – Дендрограмма генетических взаимодействий, построенная на основании величин генетических дистанции, рассчитанных по распределению SSR-маркеров в 5 генотипах хлопка:
 1 – Белый; 2 – ПГССХ-7; 3 – ПГССХ-1; 4 – Зелёный; 5 – Рыжий

Figure 1 – Dendrogram of genetic interactions based on the values of genetic distances calculated from the distribution of SSR markers in 5 cotton genotypes:
 1 – White; 2 – PGSSH-7; 3 – PGSSH-1; 4 – Green; 5 – Redhead

Для проведения RAPD-анализа из литературных источников нами были отобраны 4 высокоспецифичных пар праймеров (PR7, RA, Jeffreys, 33.15), последовательность которых представлена в таблице 3 [3]. При анализе RAPD-профилей исследуемых сортов хлопка было обнаружено, что сорта имеют как общие видоспецифические, так и вариабельные фрагменты, по которым возможно дифференцировать сорта друг от друга. По каждому из праймеров были составлены бинарные матрицы с последующей обработкой содержащихся в них данных.

Таблица 2 – Характеристика выбранных праймеров для идентификации культурных сортов хлопка методом RAPD

Table 2 – Characteristics of selected primers for identification of cotton cultivars by RAPD method

№	Обозначение / name	Последовательность / Sequence	Температура отжига / Annealing temperature
1	PR-7	5' - CAG CCC AGA G - 3'	36
2	RA	5' - GTT TCG CTC C - 3'	36
3	Jeffreys	5' - GGA GGT GGG CAG GAN G - 3'	36
4	33.15	5' - AGA GGT GGG CAG GTG G - 3'	36

В результате проведенного RAPD-анализа с использованием произвольных праймеров (PR7, RA, Jeffreys, 33.15) было маркировано 5 генотипов хлопка, для каждого из которых был получен характерный паттерн - RAPD спектр. В общей сложности для 5 сортов было получено 284 амплифицированных маркеров. Для нескольких сортов определены уникальные ДНК-фрагменты, которые, по всей видимости, можно считать видоспецифичными, но в определенном сочетании могут быть использованы и в качестве родоспецифичных маркеров. В среднем по каждому праймеру амплифицировано по 17 маркерных фрагментов ДНК для каждого сорта хлопка.

С помощью компьютерной обработки по методу кластерного анализа «Neighbor Joining» на основании фрагментов RAPD-спектров была построена дендрограмма генетического сходства исследованных сортов хлопка (рисунок 2).

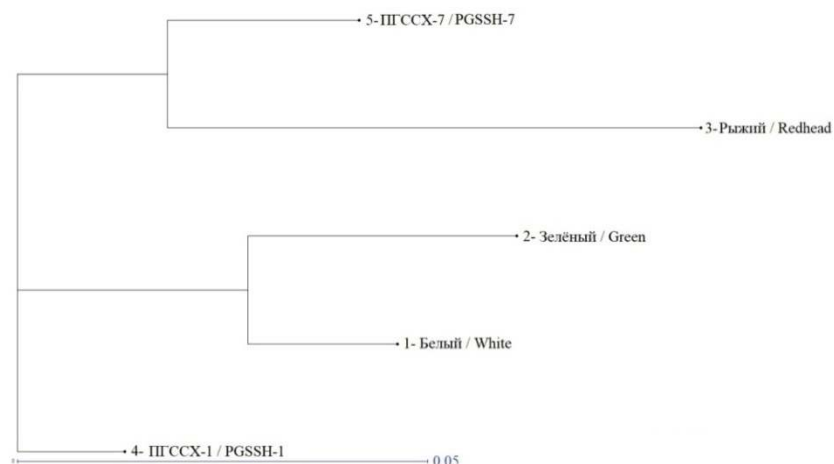


Рисунок 2 – Дендрограмма генетических расстояний исследуемых сортов хлопчатника, полученная с использованием метода иерархического кластерного анализа:

1 – Белый; 2 – Зелёный; 3 – Рыжий; 4 – ПГССХ-1; 5 – ПГССХ-7

Figure 2 – Dendrogram of genetic distances of the studied cotton varieties obtained using the method of hierarchical cluster analysis:

1 – White; 2 – Green; 3 – Redhead; 4 – PGSSH-1; 5 – PGSSH-7

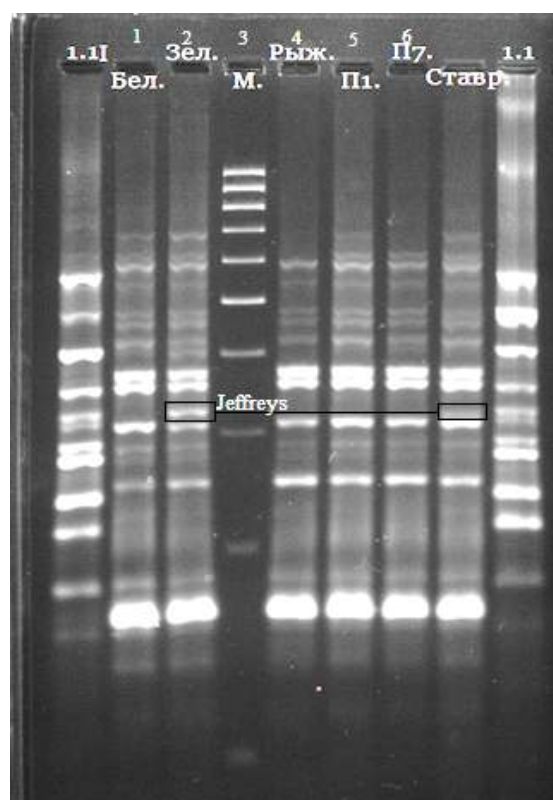


Рисунок 3 – Электрофореграмма RAPD-фрагментов сортов хлопка, полученных после амплификации ДНК с использованием праймера Jeffreys: Выделенные фрагменты видоспецифичны:

1 – Белый; 2 – Зелёный; 3 – Маркер длин 100-1000; 4 – Рыжий; 5 – ПГССХ-1; 6 – ПГССХ-7

Figure 3 – Electrophoregram of RAPD fragments of cotton varieties obtained after DNA amplification using Jeffreys primer: The selected fragments is species-specific:

1 – White; 2 – Green; 3 – Marker of lengths 100-1000; 4 – Redhead; 5 – PGSSH-1; 6 – PGSSH-7

Полученные данные свидетельствуют о том, что из всех исследуемых сортов наиболее генетически отдалённым является сорт ПГССХ 7. Наиболее близки между собой сорт ПГССХ 1 и хлопчатник с рыжим волокном. Эти образцы отличаются коротким периодом вегетации – 110-115 дней. Белый и зелёный образцы сходны по длине волокна. Они относятся к длинноволокнистой группе и имеют длительный период вегетации 140-150 дней. Сорт ПГССХ 7 является новым генетическим донором хозяйственно ценных признаков. Он отличается повышенной урожайностью коротким периодом вегетации и волокном высокого качества.

Выводы. Таким образом, в результате проведенного исследования определены 3 микросателлитных локуса, пригодных для идентификации исследуемых генотипов хлопчатника. Для нескольких сортов определены уникальные RAPD-фрагменты, которые, по всей видимости, можно считать видоспецифическими маркерами. Выявлено, что праймер Jeffreys оказался наиболее предпочтительным для внутривидового типирования хлопчатника. При использовании кластерного анализа удалось сформировать отдельные группы для всех сортов, которые в свою очередь позволяют наглядно отобразить степень сходства (генетическую дистанцию) исследуемых образцов. Следует отметить, что, несмотря на выявленные отличия, сорта волгоградской коллекции имели более высокую степень родства. Полученная база данных может быть использована для паспортизации и идентификации исследуемых сортов на основе их выявленных генетических особенностей.

На основе полученных данных установлено, что анализируемые селекционные образцы имеют как сходные, так и различающиеся фрагменты ДНК. На их основе возможно выявление перспективных для гибридизации сортообразцов и ускорение процесса селекционной работы, а при использовании дополнительных методов генотипирования в перспективе можно проследить процесс наследования хозяйственно ценных признаков у потомства. Результаты, полученные в данной работе, представляют практическую ценность для паспортизации и идентификации исследуемых сортов на основе их выявленных генетических особенностей. Совершенствование метода молекулярно-генетического анализа селекционного материала хлопчатника позволит выявить генетические маркеры для быстрой оценки новых генотипов при подборе пар для гибридизации. Для выявления более тонких генетических характеристик при формировании маркер-ориентированной селекции хлопчатника необходимо проведение дополнительных генотипических исследований с расширением числа генетических локусов и ДНК-маркеров.

Библиографический список

1. Баймухаметова Э. А. Применение индуцированного мутагенеза для увеличения генетического полиморфизма хлопчатника // Биомика. 2017. Т. 9. № 4. С. 370-379.
2. Баймухаметова Э. А. Хлопчатник: особенности культуры, перспективы создания трансгенных отечественных сортов и их выращивания в России // Биомика. 2016. Т. 8. № 3. С. 275-288.
3. Мамедова Н. Х., Шихлинский Г. М. Фитопатологическая устойчивость к *Verticillium dahliae* мутантов и гибридов хлопчатника // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2015. С. 339-342.
4. Подковыров И. Ю., Ермак Д. Ю. Потенциал засухоустойчивости хлопчатника сорта ПГССХ 1 в условиях светло-каштановых почв // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (35). С. 26-29.
5. Ходжаев Т. А. Повышение посевных качеств семян хлопчатника под действием нейтронного облучения // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2015. № 9. С. 12-14.
6. Эгамова Н. Б., Бондарчук М. М. Анализ современных селекционных сортов хлопка Республики Узбекистан: научные исследования 2016. Московский государственный университет дизайна и технологии, 2016.

7. Genetic diversity analysis in 27 tomato accessions using morphological and molecular markers / Catur Herison, Surjono H. Sutjahjo, Ineu Sulastrini, Rustikawati Rustikawati, Siti Marwiyah // *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*. 2018. V. 40 (1). P. 36-44.
8. Ghaffar Kiani, Mohammad Siahchehreh Genetic diversity in tomato varieties assessed by ISSR markers // *International Journal of Vegetable Science*. 2017.
9. Glinushkin A. P., Startsev V. I., Startseva L. V. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020.
10. Kiseleva M. I., Ovsyankina A. V., Kolomiets T. M. Some aspects of the distribution of *Fusarium* on cereals of Russia // *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 2016. V. 51(2). P. 183-192.
11. Ovchinnikov A. S., Kimsanbaev O. H., Antonov V. A. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils // *E3S Web of Conferences*. 2020. V. 203. 02010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020302010>.

References

1. Bajmuhametova Je. A. Primenenie inducirovannogo mutageneza dlya uvelicheniya geneticheskogo polimorfizma hlochatnika // *Biomika*. 2017. T. 9. № 4. P. 370-379.
2. Bajmuhametova J. A. Hlochatnik: osobennosti kul'tury, perspektivy sozdaniya transgenynyh otechestvennyh sortov i ih vyrashchivaniya v Rossii // *Biomika*. 2016. T. 8. № 3. P. 275-288.
3. Mamedova N. H., Shihlinskij G. M. Fitopatologicheskaya ustojchivost' k *Verticillium dahliae* mutantov i gibridov hlochatnika // *Novye i netradicionnye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya*. 2015. P. 339-342.
4. Podkovyrov I. Yu., Ermak D. Yu. Potencial zasuhoustojchivosti hlochatnika sorta PGSSX 1 v usloviyah svetlo-kashtanovyh pochv // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 1 (35). P. 26-29.
5. Hodzhaev T. A. Povyshenie posevnyh kachestv semyan hlochatnika pod dejstviem nejtronnogo oblucheniya // *Izvestiya VUZov Kyrgyzstana*. 2015. № 9. P. 12-14.
6. Jegamova N. B., Bondarchuk M. M. Analiz sovremennyh selekcionnyh sortov hlopka Respubliki Uzbekistan: nauchnye issledovaniya 2016. Moskovskij gosudarstvennyj universitet dizajna i tehnologii, 2016.
7. Genetic diversity analysis in 27 tomato accessions using morphological and molecular markers / Catur Herison, Surjono H. Sutjahjo, Ineu Sulastrini, Rustikawati Rustikawati, Siti Marwiyah // *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*. 2018. V. 40 (1). P. 36-44.
8. Ghaffar Kiani, Mohammad Siahchehreh Genetic diversity in tomato varieties assessed by ISSR markers // *International Journal of Vegetable Science*. 2017.
9. Glinushkin A. P., Startsev V. I., Startseva L. V. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020.
10. Kiseleva M. I., Ovsyankina A. V., Kolomiets T. M. Some aspects of the distribution of *Fusarium* on cereals of Russia // *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 2016. V. 51(2). P. 183-192.
11. Ovchinnikov A. S., Kimsanbaev O. H., Antonov V. A. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils // *E3S Web of Conferences*. 2020. V. 203. 02010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020302010>.

Author's Information

Antonov Valery Alekseevich, acting Director of the Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology (Russian Federation, 400048, Volgograd, street named after Zemlyachka, 12), Doctor of Medical Sciences, tel. 8 (8442) 78-62-57, email: antonov@rihtop.ru

Kimsanbaev Oybek Khuzhamuratovich, expert on regional development of projects of the company "Ajlan and Bros. Holding group". United Arab Emirates, (United Arab Emirates, Unit 03-OF-02-03-OF-18, Level 3, Gate Village Building 08, Dubai International Financial Center, Dubai) Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. +966545101367, e-mail: newsbek@mail.ru

Podkovyrov Igor Yurievich, Associate Professor at the Department of Horticulture, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Prospect Universitetsky, 26), tel. 8 (8442) 41-17-75, email: agrosad@inbox.ru

Prikhodko Svetlana Alekseevna, Leading Specialist of the Scientific and Educational Center for Molecular Genetic Technologies, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Prospect Universitetsky, 26), tel. 8 (961) 679-07-22, email: bobls@mail.ru

Sharonov Dmitry Sergeevich, Senior Laboratory Assistant, Scientific and Educational Center of Molecular Genetic Technologies, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Prospect Universitetsky, 26), tel. 8 (905) 063-27-17, email: dimasharonov@lenta.ru

Информация об авторах

Антонов Валерий Алексеевич, и.о. директора Научно-исследовательского института гигиены, токсикологии и профпатологии (РФ, 400048, г. Волгоград, ул. им. Землячки, 12,), доктор медицинских наук, тел. 8 (8442) 78-62-57, email: antonov@rihtop.ru

Кимсанбаев Ойбек Хужамуратович, эксперт по региональному развитию проектов компании «Ajlan and Bros. Holding group». United Arab Emirates, (United Arab Emirates, Unit 03-OF-02-03-OF-18, Level 3, Gate Village Building 08, Dubai International Financial Centre, Dubai) доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. +966545101367, e-mail: newsbek@mail.ru

Подковыров Игорь Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по кафедре «Садоводства, селекции и семеноводства» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-17-75, email: agrosad@inbox.ru

Приходько Светлана Алексеевна, ведущий специалист Научно-образовательного центра молекулярно-генетических технологий Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (961) 679-07-22, email: bobls@mail.ru

Шаронов Дмитрий Сергеевич, старший лаборант Научно-образовательного центра молекулярно-генетических технологий Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (905) 063-27-17, email: dimasharonov@lenta.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-03

PRODUCTIVITY OF USING THE MOISTURE OF WHITE CABBAGE DURING IRRIGATION IN THE VOLGA-DON INTERFLUVE

A. D. Akhmedov, R. Yu. Abduova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 08.02.2021

Submitted 09.04.2021

Summary

The article presents the results of a study when growing cabbage on light chestnut soils of the Volga-Don interfluve. Based on the data obtained, the dependence of the productivity of cabbage with drip irrigation, depending on various doses of fertilizers, was established. A graph of the dependence of the productivity of cabbage on the change in the coefficient of water consumption and total water consumption was built. The data obtained can be recommended for use as a starting material for growing cabbage on light chestnut soils of the Volga-Don interfluve.

Abstract

Introduction. The water consumption coefficient is one of the more important indicators of the efficiency of irrigation water use. With a decrease in the water consumption coefficient, the efficiency of irrigation of fields increases accordingly. Therefore, to determine the unit of marketable cabbage production, depending on the productivity with drip irrigation, we took into account the water consumption coefficient. **Object.** The object of research is the coefficient of water consumption of cabbage using drip irrigation in the conditions of the Volga-Don interfluve. **Materials and methods.** The experiments were carried out during 2017-2019 in the farming enterprise «Individual entrepreneur «Kireev» on the territory of the Volga-Don interfluve. The soils of the plot are light chestnut. On this plot, white cabbage hybrid «Aggressor F1» was grown. A two-factor field experiment was carried out annually. At the same time, three options for the water regime of the soil, factor A (the first factor), and factor B (the second factor) included the introduction of various doses of fertilizers to obtain the planned yield of cabbage of 60, 70 and 80 t / ha were selected for the research. When growing cabbage per 1 ha, the planting density on average fluctuates around 30-40 thousand plants / ha. The expe-

rience was based on 12 options. The total area was 3.0 hectares, and the area of the accounting plot was 60 m². The experiment was repeated three times. Seedling planting scheme: 0.40 × 0.6 m, respectively, between plants and between rows. **Results and conclusions.** In the course of the study, it was found that the value of the coefficient of water consumption of cabbage, depending on the irrigation regime and doses of fertilizers, on average over three years, varies from 55 to 114 m³ / t. In general, comparing the options with each other, it can be noted that with the irrigation mode 80-90-80 % НВ, the moisture was used most effectively. The water consumption coefficient for this option, combined with the introduction of various doses of fertilizers, varied from 55 to 63 m³ / t. On the control option (options - without fertilizers), the water consumption coefficients took the maximum values of 84-114 m³ per 1 ton of crop. Thus, it can be noted that the use of drip irrigation with various doses of fertilizers most favorably affects the productivity of cabbage.

Key words: soil moisture, fertilizer doses, drip irrigation, cabbage water consumption coefficient, total cabbage water consumption, cabbage yield.

Citation. Akhmedov A.D., Abduova R.Yu. The productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluvium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 32-41 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-03.

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 631.671:635.342:631.445.51(470.45)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТОЙ ПРИ ОРОШЕНИИ В ВОЛГО-ДОНСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор

Р. Ю. Абдуова, соискатель

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 08.02.2021

Дата принятия к печати 09.04.2021

Актуальность. Коэффициент водопотребления является одним из наиболее важных показателей эффективности использования оросительной воды. С понижением коэффициента водопотребления соответственно повышается эффективность орошения полей. Поэтому для определения единицы товарной продукции капусты в зависимости от продуктивности при капельном поливе нами учитывались коэффициенты водопотребления. **Объект.** Объектом исследований является коэффициент водопотребления капусты с применением капельного полива в условиях Волго-Донского междуречья. **Материалы и методы.** Опыты проводились в течение 2017-2019 гг. в фермерском хозяйстве ИП «Киреев» на территории Волго-Донского междуречья. Почвы участка светло-каштановые. На данном участке выращивали гибрид белокочанной капусты «Агрессор F1». Был проведен ежегодный двухфакторный полевой опыт. При этом для исследований были выбраны три варианта водного режима почвы: фактор А (первый фактор), а фактор В (второй фактор) включал внесение различных доз удобрений для получения планируемой урожайности капусты – 60, 70 и 80 т/га. При выращивании капусты на 1 га густота посадки в среднем колеблется в районе 30-40 тыс. растений/га. Опыт был заложен на 12 вариантах. Общая площадь составила 3,0 га, а площадь учетной делянки – 60 м². Повторность опыта трехкратная. Схема посадки рассады: 0,40×0,6 м соответственно между растениями и между рядами. **Результаты и выводы.** В ходе исследования установлено, что величина коэффициента водопотребления капусты в зависимости от режима орошения и доз удобрений в среднем за три года изменяется от 55 до 114 м³/т. В целом, сравнивая варианты между собой, можно отметить, что при режиме орошения 80-90-80 % НВ влага использовалась наиболее эффективно. Коэффициент водопотребления на этом варианте в сочетании с внесением различных доз удобрений

изменялся в пределах от 55 до 63 м³/т. На контрольном варианте (без удобрений) коэффициенты водопотребления принимали максимальные значения 84-114 м³ на 1 т урожая. Таким образом, можно отметить, что применение капельного полива с различными дозами удобрений наиболее благоприятно влияет на продуктивность капусты.

Ключевые слова: коэффициент водопотребления капусты, суммарное водопотребление капусты, урожайность капусты.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 32-41. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-03.

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 настоящее время одной из самых актуальных проблем водопользования в условиях Волгоградской области является снижение водоподачи для орошения сельскохозяйственных культур с сохранением их продуктивности [5, 7, 10, 15, 16].

В условиях Волгоградской области содержание влаги в почве в естественных условиях, как правило, резко дефицитно. Восполнение дефицита влаги в этой зоне является основным условием повышения урожая. Орошение более эффективно, если оно осуществляется на основе планового, нормированного водопользования, учитывающего природно-экономические особенности данного района, рационального использования водных, земельных и энергетических ресурсов [1, 4, 11, 12].

Таким образом, получение стабильных урожаев хорошего качества возможно только при соблюдении всего комплекса технологии возделывания культур и, прежде всего, регуляции – правильного сочетания в течение вегетации оптимальных режимов орошения и удобрений применительно к каждому виду, сорту растений и конкретным почвенно-климатическим условиям. Поэтому при выращивании сельскохозяйственных культур эффективность орошения определяется не только качеством получаемого урожая, но и коэффициентом водопотребления и др. [2, 3, 7, 13, 14].

Материалы и методы. Исследования по режиму орошения и минеральному питанию с капустой «Агрессор F1» проводились в фермерском хозяйстве ИП «Киреев» на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья для получения планируемой урожайности на уровне 60, 70 и 80 т/га. Схема посадки – 0,40×0,6 м.

Плотность исследуемой почвы составляет 1,32 т/м³, наименьшая влагоемкость – 23,9 % от массы сухой почвы, не засолены (рН = 7,1...8,2), содержание гумуса всего – 2,02 %. Обеспеченность почвы имеет низкие запасы обменного калия, а относительно высокие – подвижных фосфатов и легкогидролизуемого азота.

Полевой опыт проводился с применением капельного полива, агротехника была общепринятой для данной зоны. При выращивании капусты густота посадки в среднем колеблется в районе 30-40 тыс. растений на 1 га. Экспериментальный опыт был заложен на 12 вариантах с трехкратной повторностью. Площадь опытного участка составила 3,0 га, а площадь учетная делянок – 60 м².

Опыты проводились по методике Б. А. Доспехова [6] и др., а дозы минеральных удобрений определялись по рекомендациям В. И. Филина [9].

С целью изучения водного и пищевого режимов белокочанной капусты ежегодно в течение 2017-2019 гг. проводился двухфакторный полевой опыт. В качестве исследований были выбраны три варианта водного режима почвы: фактор А (первый фактор), фактор В (второй фактор) включал в себя внесение различных доз удобрений на планируемую урожайность капусты 60, 70 и 80 т/га (таблица 1).

По фазам развития капусты предполивную влажность почвы принимали дифференцированной: так, по первому варианту: например, 60 % НВ от высадки рассады до начала образования кочана; 70 % НВ – в период образования и роста кочана до начала технической спелости; 60 % НВ – от начала технической спелости до уборки урожая.

Таблица 1 – Основные факторы полевого опыта при выращивании капусты

Table 1 – The main factors of field experience in growing cabbage

№ варианта / Option No.	Факторы / Factors	
	Фактор А / Factor A	Фактор В / Factor B
1	60-70-60 % НВ / 60-70-60 of FMC	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀
2	70-80-70 % НВ / 70-80-70 of FMC	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀
3	80-90-80 % НВ / 80-90-80 of FMC	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀

Результаты и обсуждение. В ходе исследований для поддержания влажности в активном слое почвы 60-70-60 % НВ за весь период вегетации в среднем было проведено 14-18 поливов. При этом поливная норма составила 200-185-200 м³/га. На II варианте для поддержания влажности потребовалось всего 17-21 поливов с поливной нормой 185-160-185 м³/га. Однако наименьшая поливная норма (160-95-160 м³/га) и наибольшее количество поливов (27-33) наблюдались на III варианте. В среднем за три года исследования оросительная норма изменялась в пределах от 2650 до 3655 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения капусты по вариантам опыта за 2017-2019 гг.

Table 2 – Irrigation mode for cabbage by experience options for 2017-2019

Предполивная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture, of FMC	Год / Year	Режим орошения капусты в зависимости от фазы развития / Mode of irrigation of cabbage depending on the phase of development			Общее число поливов / Total number of wa- terings	Ороси- тельная норма, м ³ /га / Irrigatio n rate, m ³ /ha
		высадка расса- ды – формиро- вание розетки / seedling plant- ing-rosette for- mation	образование и рост кочана / formation and growth of the head of the head	техническая спелость – уборка / technical ripeness- cleaning		
60-70-60	2017	2/200	12/185	2/200	18	3390
	2018	2/200	14/185	2/200	16	3020
	2019	2/200	10/185	2/200	14	2650
70-80-70	2017	2/185	17/160	2/185	21	3460
	2018	2/185	15/160	2/185	19	3140
	2019	2/185	13/160	2/185	17	2820
80-90-80	2017	4/160	25/95	4/160	33	3655
	2018	4/160	23/95	4/160	31	3465
	2019	3/160	21/95	3/160	27	2955

Примечание. В числителе и знаменателе соответственно показывается число поливов и поливная норма, м³/га / **Note.** The numerator and denominator respectively show the number of irrigations and the irrigation rate, m³/ha

Расход влаги посевами капусты при повышении влажности в активном слое почвы с 60 до 90 % НВ увеличивался с 4263 до 4540 м³/га. Основная доля потребляемой растениями воды (71-74 %) приходится на вегетационные поливы. Суммарное водопотребление в среднем составила 3020 м³/га (I режим орошения), 3140 м³/га (II режим орошения) и 3358 м³/га (III режим орошения) (таблица 3 и рисунок 1).

Таблица 3 – Суммарное водопотребление капусты и его структура в среднем за 2017–2019 гг.

Table 3 – Total water consumption of cabbage and its structure on average for 2017-2019

Режим орошения, % НВ / Irrigation mode, of FMC	Использование запасов почвенной влаги / Use of soil moisture reserves		Осадки / Precipitation		Оросительная норма / Irrigation rate,		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	%
60-70-60	192	4,50	1051	24,65	3020	70,85	4263	100
70-80-70	156	3,59	1051	24,18	3140	72,23	4347	100
80-90-80	131	2,89	1051	23,15	3358	73,96	4540	100

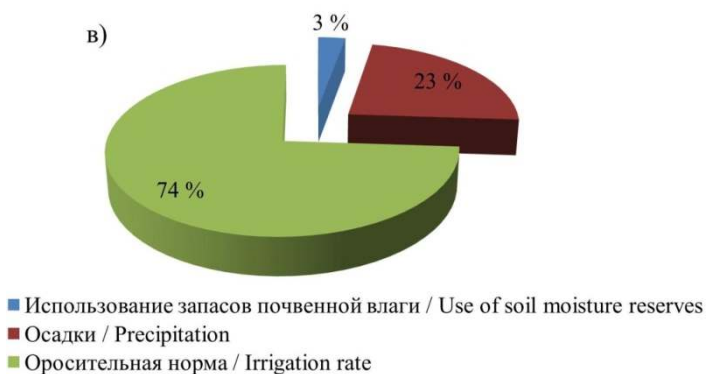
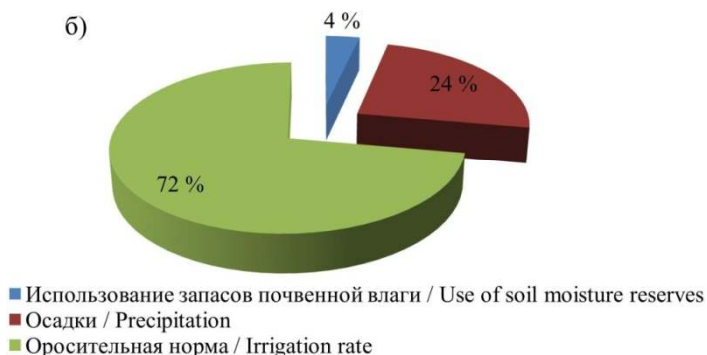
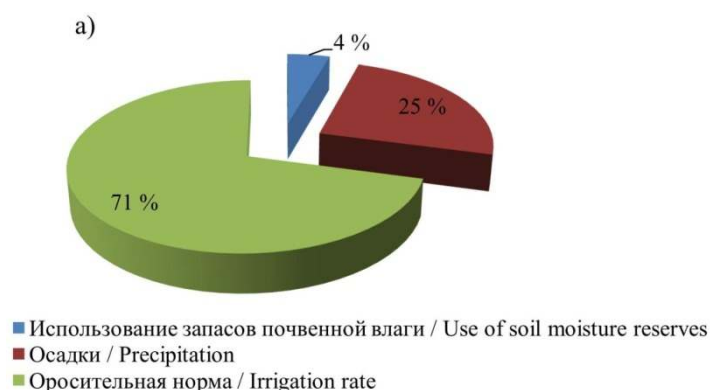


Рисунок 1 – Структура суммарного водопотребления капусты в среднем за годы исследований: а) вариант 60-70-60 % НВ; б) вариант 70-80-70 % НВ; в) вариант 80-90-80 % НВ

Figure 1 – The structure of the total water consumption of cabbage on average over the years of research: a) option 60-70-60 % of FMC; b) option 70-80-70% of FMC; c) option 80-90-80% of FMC

При выращивании капусты на всех вариантах опыта совместное сочетание водного режима и минерального питания почвы при капельном поливе положительное влияние оказывали на величины урожая капусты. Наибольший урожай белокочанной капусты 83,1 т/га был получен на III варианте с нормой удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$ кг д. в./га (рисунок 2).

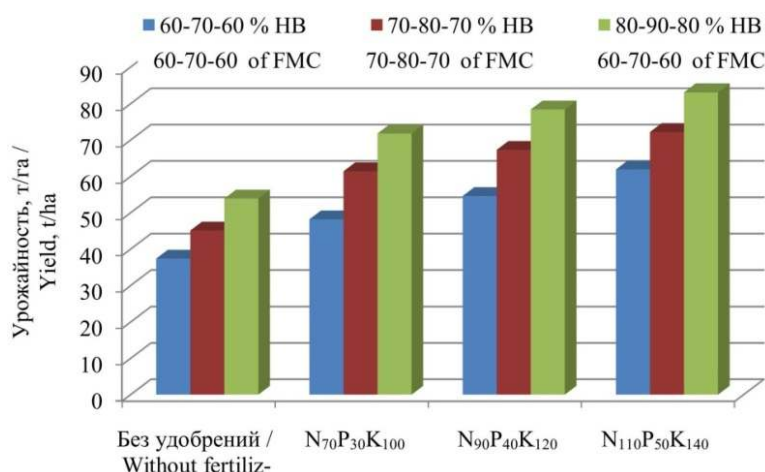


Рисунок 2 – Урожайность белокочанной капусты в зависимости от влажности и минерального питания почвы в среднем по годам исследований

Figure 2 – Yield of white cabbage depending on moisture and mineral nutrition of the soil on average over the years of research

В результате проведенных исследований установлено, что эффективность режима орошения сельскохозяйственных культур в основном определяется величиной и качеством полученного урожая, а также коэффициентом водопотребления. В связи с этим в наших опытах коэффициент водопотребления для белокочанной капусты в среднем изменялся в пределах 55-114 м³/т. При этом наименьшие его значения были получены на третьем варианте (80-90-80 % HB) в сочетании с внесением различных доз удобрений, и изменялись они в пределах от 55 до 63 м³/т.

На контрольном варианте (без удобрений) коэффициенты водопотребления принимали максимальные значения 84-114 м³ на 1 т урожая (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент водопотребления по вариантам опыта в среднем за 2017–2019 гг.

Table 5 – Coefficient of water consumption by options of experience on average for 2017-2019

Варианты / Options	Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ /t
A ₁ B ₀	4263	37,4	114
A ₁ B ₁	4263	48,2	88
A ₁ B ₂	4263	54,6	78
A ₁ B ₃	4263	61,9	69
A ₂ B ₀	4347	45,1	96
A ₂ B ₁	4347	61,4	71
A ₂ B ₂	4347	67,3	65
A ₂ B ₃	4347	72,2	60
A ₃ B ₀	4540	53,9	84
A ₃ B ₁	4540	71,8	63
A ₃ B ₂	4540	78,4	58
A ₃ B ₃	4540	83,1	55

Полученные данные показывают, что внесение минеральных удобрений на 20-30 и более процентов снижает показатели коэффициента водопотребления. Представленные данные показывают, что дифференциация влажности почвы при поливах капусты оказалась эффективной: увеличилась урожайность капусты, а коэффициент водопотребления значительно снизился. Все это доказывает, что капуста хорошо отзывается на орошение и минеральное питание.

В целом влага использовалась наиболее эффективно при дифференциации влажности почвы на варианте 80-90-80 % НВ. На этом варианте коэффициент водопотребления изменялся в среднем 55-84 м³/т.

После определения величины коэффициента водопотребления (K_E) и суммарного водопотребления (E) были построены графики зависимости урожайности капусты (Y) от этих величин. Результаты обработки показаны на рисунках 3 и 4.

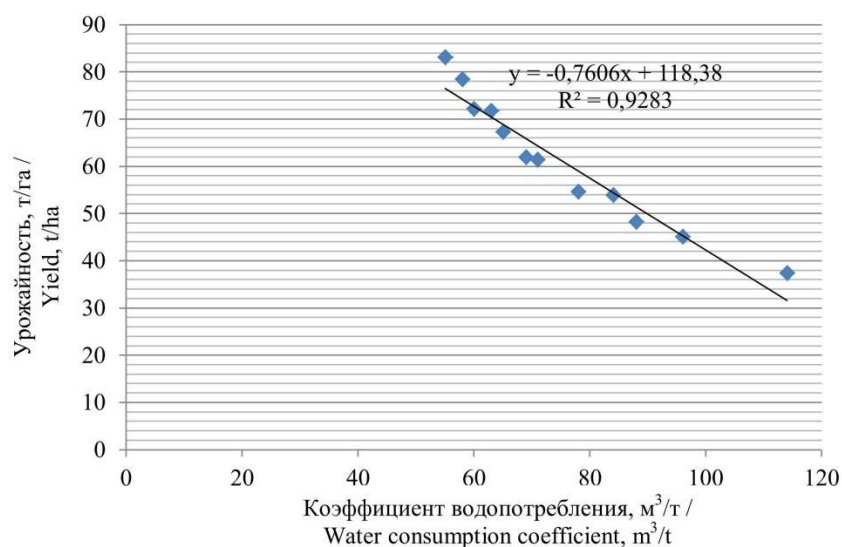


Рисунок 3 – Зависимость урожайности капусты от изменения коэффициента водопотребления /

Figure 3 – Dependence of cabbage yield on changes water consumption coefficient

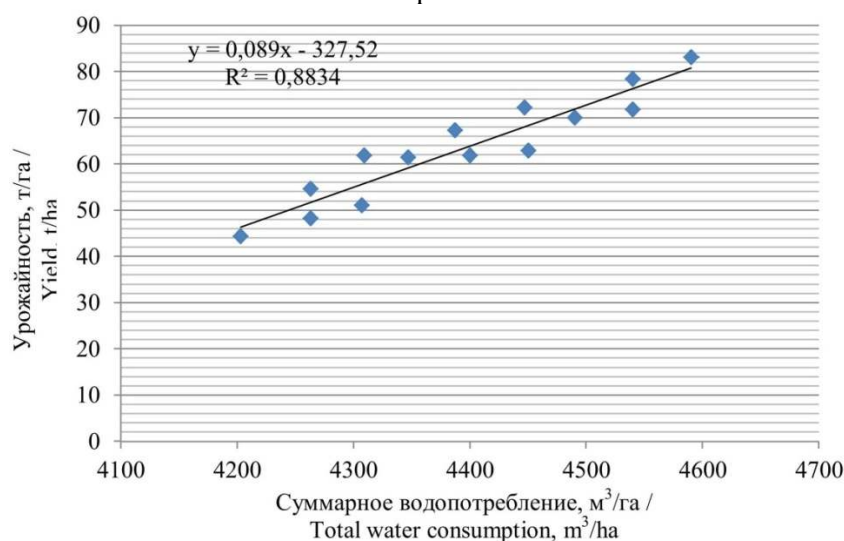


Рисунок 4 – Зависимость урожайности капусты от суммарного водопотребления

Figure 4 – Dependence of cabbage yield on total water consumption

Выводы. Подводя итоги можно отметить, что максимальный урожай капусты «Агрессор F1» – 83,1 т/га – можно получить на III варианте (80-90-80 % НВ) с внесением доз удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$ кг д. в./га.

В ходе исследования установлено, что величина коэффициента водопотребления капусты с использованием капельного полива изменяется от 55 до 114 м³/т в среднем за три года исследований. При этом минимальные его значения были получены на III варианте (80-90-80 % НВ) с внесением доз удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$ и составили 55 м³/т. На контрольном варианте (без удобрений) коэффициенты водопотребления принимали максимальные значения – 84-114 м³ на 1 т урожая.

Сравнивая варианты, можно отметить, что влага использовалась наиболее эффективно при дифференциации влажности почвы 80-90-80 % НВ. На этом варианте коэффициент водопотребления изменялся в среднем 55-84 м³/т.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 36-42.
2. Ахмедов А. Д., Засимов А. Е., Джамалетина Е. Э. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 161-167.
3. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 1. С. 8-11.
4. Бородычев В. В., Щепотко Н. А. Водный режим почвы и продуктивность белокочанной капусты при капельном орошении // Научная жизнь. 2017. № 8. С. 42-51.
5. Бочарников В. С., Мешеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 2014. 351 с.
7. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Бочарникова О. В. Регулирование водного и пищевого режимов почвы при капельном орошении в условиях Волгоградской области // Плодородие. 2012. № 3 (29). С. 35-36.
8. Пронько Н. А., Рябцева Т. Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском правобережье // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 16-21.
9. Филин В. И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая. Волгоград: ВГСХА, 1994. 266 с.
10. Abdelkhalik A., Pascual B., Najera I. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions // Irrigation science. 2020. V. 38. № 1. P. 89-104.
11. 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. V. 341. 012105.
12. Akhmedov A. D., Dzhamalidinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No. 3. P. 185- 193.
13. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / S. Seidel, S. Werisch, N. Schütze, H. Laber // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111.
14. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system // Trans ASABE. 2017. № 60(3). P. 931-939.
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, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

16. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No. 96 (5). P. 1253-1265.

Conclusions. Summing up, it can be noted that the maximum yield of cabbage "Aggressor F1" 83.1 t/ha can be obtained in the III variant (80-90-80 % of FMC) with the introduction of doses of fertilizers $N_{110}P_{50}K_{140}$ kg of active substance per 1 ha.

In the course of the study, it was found that the value of the coefficient of water consumption of cabbage using drip irrigation varies from 55 to 114 m³/t on average over three years of research. At the same time, its minimum values were obtained in the III variant (80-90-80 % of FMC) with the introduction of doses of fertilizers $N_{110}P_{50}K_{140}$ and amounted to 55 m³/t. On the control option (options - without fertilizers), the water consumption coefficients took the maximum values of 84-114 m³ per 1 ton of crop.

Comparing the options with each other, it can be noted that moisture was used most effectively with the differentiation of soil moisture 80-90-80 % of FMC. In this case, the water consumption coefficient varied on average 55-84 m³/t.

Reference

1. Akhmedov A. D. Drip irrigation of vegetable crops in the conditions of the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: science and higher professional education. 2018. No. 4 (52). P. 36-42.
2. Akhmedov A. D., Zashimov A. E., Dzhamaletdinova E. E. The productivity of vegetable crops with drip irrigation in the conditions of the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2018. No. 1 (49). P. 161-167.
3. Borodychev V. V., Lytov M. N. Algorithm for solving problems of soil water regime control during irrigation of agricultural crops // Melioration and water management. 2015. No. 1. P. 8-11.
4. Borodychev V. V., Schepotko N. A. The water regime of the soil and the productivity of white cabbage with drip irrigation // Scientific life. 2017. No. 8. P. 42-51.
5. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. New methods of cultivation of vegetable crops in the system of water-saving irrigation // Vegetable growing and greenhouse economy. 2014. No. 4. P. 54.
6. Dospekhov B. A. Field experiment technique. M.: Agropromizdat, 2014. 351 p.
7. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V. Regulation of water and nutritional regimes of soil with drip irrigation in the conditions of the Volgograd region // Fertility. 2012. No. 3 (29). P. 35-36.
8. Pronko N. A., Ryabtseva T. G. Water consumption of white cabbage with drip irrigation in the Saratov right bank // Agrarian scientific journal. 2018. No. 1. P. 16-21.
9. Filin V. I. Crop reference book with the basics of crop programming. Volgograd: VSAA, 1994. 266 p.
10. Abdelkhalik A., Pascual B., Najera I. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annum* L.) under Mediterranean conditions // Irrigation science. 2020. V. 38. № 1. P. 89-104.
11. 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. V. 341. 012105.
12. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zashimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No. 3. P. 185-193.
13. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system // Trans ASABE. 2017. № 60 (3). P. 931-939.
14. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

15. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No. 96(5). P. 1253-1265.

16. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / S. Seidel, S. Werisch, N. Schütze, H. Laber // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111.

Authors Information

Ahmedov Askar Dzhangir oglu, professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky pr. 26) Doctor of Technical Sciences, professor, askar-5@mail.ru

Abduova Raikhan Yurievna, applicant, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26), rabduova@mail.ru

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

Абдуова Райхан Юрьевна, соискатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), rabduova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04

EFFICIENCY OF THE USE OF BIOPREPARATIONS IN THE CULTIVATION OF PERENNIAL LEGUME HERBS

T. N. Dronova¹, N. I. Burtseva¹, O. I. Dvoynikova²
I. P. Zemtsova¹, S. V. Zemlyanitsyna¹,

¹Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd

²Limited Liability Company «Biofabrika», Kuznetsk

Received 31.03.2021

Submitted 28.05.2021

Abstract

Introduction. Perennial leguminous grasses solve the most important problem of modern agriculture – the preservation of soil fertility and the provision of animal husbandry with vegetable protein. Due to the symbiosis with nodule bacteria, 200-300 kg/ha of biological nitrogen is accumulated annually in the rhizosphere of alfalfa, clover, esparcet, and goatgrass, which is spent on plant development and replenishment of soil reserves. In this regard, the issues of strengthening symbiotic nitrogen fixation through the use of modern microbiological preparations have become particularly relevant and important for agricultural production. The purpose of the research conducted at the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» in recent years together with Limited Liability Company «Biofabrika», is to determine the impact of modern biological products on the symbiotic activity and productivity of perennial legumes on irrigated lands. **Object.** The object of research is variable alfalfa of the Rostovskaya 60 variety, Prisursky meadow clover and Eastern Magister goatgrass. **Materials and methods.** Legume seeds were treated with liquid biologics immediately before sowing. During the growing season, the experiments maintained a 70% pre-irrigation threshold of soil moisture. The observations were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results and conclusions.** The studied preparations had a positive effect on the formation of the symbiotic apparatus of legumes. In the second year of life, the total number of nodules varied from 28 to 94 along the mowing lines, including 13-52 active nodules/rast. In the control without the use of pre-sowing seed treatment, these indicators were minimal – from 7-8 to 17-32 pcs./rast. The yield of legumes in the first year of life was 9.5-15.1 – on the control and 12.8-22.5 t/ha of green mass on the variants with the use of biological products. In the second year, 27.2-32.8 tons and 35.7-51.0 tons/ha were collected, respectively. The content of chemical elements in the plant and root mass of legumes was dependent on the biological products used: their indicators compared to the control variants were higher by 0.35-0.85 and 0.10-0.68 %.

Key words: alfalfa, clover, goatman, symbiotic activity, microbiological preparations, yield.

Citation. Dronova T. N., Burtseva N. I., Dvoynikova O. I., Zemtsova I. P., Zemlyanitsyna S. V. Efficiency of the use of biopreparations in the cultivation of perennial legume herbs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 41-50 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04.

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/.37:579.64

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

Т. Н. Дронова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.И. Бурцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

О.И. Двойникова², кандидат сельскохозяйственных наук

И. П. Земцова¹, младший научный сотрудник

С. В. Земляницына¹, младший научный сотрудник

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

²ООО «Биофабрика», г. Кузнецк

Дата поступления в редакцию 31.03.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. Многолетние бобовые травы решают важнейшую проблему современного земледелия – сохранение почвенного плодородия и обеспечение животноводства растительным белком. За счет симбиоза с клубеньковыми бактериями в ризосфере люцерны, клевера, эспарцета, козлятника ежегодно накапливается 200-300 кг/га биологического азота, который расходуется на развитие растений и пополнение почвенных запасов. В связи с этим вопросы усиления симбиотической азотфиксации за счет применения современных микробиологических препаратов приобрели особую актуальность и значимость для сельскохозяйственного производства. Цель исследований, проводимых в ФГБНУ ВНИИОЗ в последние годы совместно с ООО «Биофабрика», сводится к определению влияния современных биопрепаратов на симбиотическую деятельность и продуктивность многолетних бобовых трав на орошаемых землях. **Объект.** Объектом исследований является люцерна изменчивая сорта Ростовская 60, клевер луговой Присурский и козлятник восточный Магистр. **Материалы и методы.** Семена бобовых культур непосредственно перед посевом обрабатывались биопрепаратами жидкой формы. В течение вегетационного периода в опытах поддерживался 70%-ный предполивной порог влажности почвы. Наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и выводы.** Изучаемые препараты оказали положительное действие на формирование симбиотического аппарата бобовых культур. На посевах второго года жизни общее количество клубеньков изменялось по укосам от 28 до 94, в том числе активных – 13-52 шт./раст. На контроле без использования предпосевной обработки семян эти показатели были минимальными – от 7-8 до 17-32 шт./раст. Урожайность бобовых трав в первый год жизни составила 9,5-15,1 – на контроле и 12,8-22,5 т/га зеленой массы на вариантах с применением биопрепаратов. Во второй год было собрано соответственно 27,2-32,8 т и 35,7-51,0 т/га. Содержание химических элементов в растительной и корневой массе бобовых трав находилось в зависимости от применяемых биопрепаратов: их показатели по сравнению с контрольными вариантами выше на 0,35-0,85 и 0,10-0,68 %.

Ключевые слова: бобовые травы, многолетние бобовые травы, микробиологические препараты, урожайность бобовых трав.

Цитирование: Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Двойникова О.И., Земцова И.П., Земляницына С.В. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав // *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 41-50. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04.

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 последние годы с усилением экологической напряженности в мировом земледелии особое значение приобретают приемы массового вовлечения в производство полевых культур, обеспечивающих высокую продуктивность, ресурсосбережение, средообразование, сохранение и приумножение почвенного плодородия. К таким культурам относятся многолетние бобовые травы. Они не только увеличивают урожайность и повышают качество производимых кормов, но и значительно улучшают физико-химические и агрохимические показатели почв [2-5, 7, 11]. Корни бобовых культур содержат значительное количество азота, фосфора, кальция и других элементов, которые при разложении попадают в почву и служат питательной средой последующим культурам. Бобовые ускоряют разложение органического вещества в почве за счет активизации микробиологических процессов. В ризосфере многолетних бобовых трав сосредотачиваются полезные микроорганизмы, способствующие повышению сроков использования травостоев и сохранению высокой продуктивности [3, 4, 10].

Клубеньковые бактерии, поселяясь на корнях бобовых трав, усваивают азот воздуха. Благодаря их деятельности биологический азот расходуется на развитие органов растений и на пополнение запасов питательных веществ в почве. В связи с этим вопросы усиления симбиотической деятельности растений бобовых культур не теряют своей актуальности и требуют современных решений. Одним из наиболее эффективных приемов повышения и усиления процессов симбиоза растений многолетних бобовых трав является использование микробиологических биопрепаратов, созданных в последние годы учеными-микробиологами [1, 6, 8, 9, 11, 12].

Целью исследований, проводимых в отделе интенсивных технологий ФГБНУ ВНИИОЗ, является изучение влияния микробиологических препаратов ООО «Биофабрика» на формирование симбиотического потенциала растений *Medicago varia* L., *Trifolium pratense* L., *Galega orientalis* Lam.

Материалы и методы. Исследования проводятся в Нижнем Поволжье на светло-каштановых почвах. Почва участка, расположенного на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ, имеет низкое содержание гумуса – 1,5-1,7%. В пахотном слое содержится 20-22 мг азота, 21-26 мг подвижного фосфора, 220-280 мг/кг обменного калия, плотность почвы в 0,7-метровом слое равна 1,34 т/м³.

Объектом исследований являются люцерна изменчивая, клевер луговой и козлятник восточный. Обработку семян бобовых трав проводили биопрепаратами жидкой формы, произведенными ООО «Биофабрика» (г. Кузнецк): Ризоторфином Б, Гумаризом, Агрикой, Агрикой с азотобактером, Агрикой с микроэлементами и псевдомонадами. Ризоторфин-Б и Гумариз представляют собой препараты высокоэффективных клубеньковых бактерий, выращенных на питательных средах, обогащенных углеводами, минеральными веществами, витаминами и микроэлементами. В состав препарата Ризоторфин Б входят аминокислоты, водорастворимые карбоновые кислоты и микроэлементы, необходимые для питания растений. У Гумариза в питательную среду добавлен гумат калия/натрия с микроэлементами, что позволяет клубеньковым бактериям работать эффективнее.

Агрика – препарат для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, выпускается в различных модификациях. В опытах использовалась Агрика на основе активного штамма культуры *Bacillus subtilis*. Препарат стимулирует рост и разви-

тие растений, подавляет фитопатогены; Агрика с добавлением микроэлементов (Молибден участвует в фиксации атмосферного азота, его недостаток приводит к негативным изменениям в азотном обмене. Кобальт повышает активность ферментов, способствует нормальному обмену веществ в растениях, увеличивает содержание хлорофилла и белка, повышает засухоустойчивость растений); Агрика с добавлением *Pseudomonas aureofaciens* подавляет развитие фитопатогенов, стимулирует рост корневой системы и растений, saniрует почву; Агрика с добавлением *Azotobacter chroococcum*, который усиливает эффект данного препарата. Здесь проявляется как стимулирующее влияние ростовых веществ, так и подавление вредной грибной флоры, а также накопление в почве доступного растениям азота.

Контролем служит вариант посева семян без обработки. На травостое бобовых культур поддерживался 70%-ный порог влажности почвы. Опыты закладывали в четырехкратном повторении. Наблюдения за растениями, подсчет клубеньков и учет урожайности проводился по методике Всероссийского НИИ кормов им. В.Р. Вильямса, статистическая обработка полученных данных – методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Многолетние бобовые культуры способны фиксировать азот атмосферы, и эта функция во многом зависит от биологических особенностей видов трав, а также от условий их возделывания. Формирование клубеньковых бактерий проходит особенно активно при определенной влажности (до 80 % НВ) и температуре почвы (20-26°C). Отклонение от оптимальных значений отрицательно сказывается на симбиотической активности бобовых трав [2, 8, 10, 13].

В наших опытах наиболее высокий симбиотический потенциал бобовых трав формировался к фазе полной бутонизации - начала цветения. Количество клубеньков на корнях растений определяли перед каждым укосом путем выкапывания растений, отмывки корней и подсчета. Анализ полученных результатов показал, что максимальное число клубеньков образовывалось в первом укосе в фазу начала цветения. В первый год жизни на корнях растений в контрольном варианте общее количество клубеньков составило в среднем 25 штук – у люцерны, 17– у клевера и 11 шт./раст. – у козлятника. На корнях растений, обработанных биопрепаратами, насчитывалось большее число клубеньков: 44-47, 38-42 и 25-32 шт. на 1 растении люцерны, клевера и козлятника соответственно.

Во второй год жизни в первом укосе на корнях растений люцерны в вариантах с обработкой семян препаратами насчитывалось клубеньков 65-75, клевера – 56-64, козлятника - 70-84 шт. В контрольных вариантах их количество не превышало 11-32 шт. Ко второму укосу общее число клубеньков снизилось до 9 и 24 шт. на контроле, 43-50, 33-46 и 50-65 шт./раст. в вариантах с обработкой семян препаратами. К третьему укосу количество клубеньков снизилось до 8-14 и 26-42 шт. на 1 растении (таблица 1).

При определении количества клубеньков на корнях бобовых трав прослеживается положительное последствие обработки семян микробиологическими препаратами. Например, в первом укосе на корнях люцерны на контроле общее количество клубеньков составляло 32 шт./раст., а в вариантах с обработкой семян Ризоторфином – 75, Гумаризом – 66, Агрикой – 65, Агрикой с азотобактером – 71 и Агрикой с добавлением микроэлементов и псевдомонад – 68 штук на 1 растении. На корнях растений клевера количество клубеньков также изменялось в зависимости от обработки препаратами и составило 17 – на контроле и 64, 62, 59, 64, 56 шт./раст. соответственно по вариантам опыта. Самыми высокими показателями общего и активного симбиотического потенциала отличались растения козлятника восточного, в первом укосе 70-84 и 40-45 шт./раст. (таблица 1). Такая же картина наблюдается во втором и третьем укосах. Сле-

дует отметить, что максимальное количество клубеньков было на корнях растений в вариантах с обработкой семян Ризоторфином Б, Агрикой с азотобактером и Агрикой с микроэлементами и псевдомонадами.

Таблица 1 – Симбиотический потенциал бобовых трав второго года жизни, среднее за 2019-2020 гг.

Table 1 – Symbiotic potential of second-year legumes, average for 2019-2020

Препарат / Preparation	Первый укос / First slope		Второй укос / Second slope		Третий укос / Third slope	
	Симбиотический потенциал, шт./раст. / Symbiotic potential, pieces/plant					
	общий / common	активный / active	общий / common	активный / active	общий / common	активный / active
Medicago varia L.						
Контроль / Control	32	12	24	8	14	3
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	75	43	50	25	34	13
Гумариз / Gumariz	66	42	45	24	29	12
Агрика / Agrica	65	39	43	22	26	11
Агрика+азотобактер / Agrica + azotobacter	71	42	48	24	28	13
Агрика+микроэлементы + псевдомонады / Agrica + microelements + pseudomonads	68	48	43	19	28	8
Trifolium pretense L.						
Контроль / Control	17	7	11	4	8	0
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	64	39	46	24	29	12
Гумариз / Gumariz	56	38	33	22	27	11
Агрика / Agrica	59	35	40	17	26	10
Агрика + азотобактер / Agrica + azotobacter	64	39	42	22	28	11
Агрика + микроэлементы + псевдомонады /Agrica + microelements + pseudomonads	62	40	43	20	30	7
Galega orientalis Lam.						
Контроль / Control	11	5	9	4	8	0
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	84	45	65	30	40	20
Гумариз / Gumariz	70	40	50	28	42	22
Агрика / Agrica	75	42	50	28	30	19
Агрика + азотобактер / Agrica + azotobacter	75	43	55	29	35	18
Агрика + микроэлементы + псевдомонады /Agrica + microelements + pseudomonads	80	40	65	31	38	15

Травы первого года жизни формировали в год посева 2 укоса. Урожайность в контрольном варианте люцерны составила 15,1, клевера – 13,5 т/га, козлятника – 9,5, а с травостоев, семена которых перед посевом обрабатывались биопрепаратами, было собрано от 12,8 до 22,5 т/га зеленой массы.

Бобовые травы второго года жизни скашивали 3 раза. Анализируя влияние био-препаратов на продуктивность трав, следует отметить их высокую эффективность. Урожайность люцерны на контрольных вариантах составила в сумме за 3 укоса 30,2, клевера – 27,2, козлятника – 32,8 т/га зеленой массы. В вариантах с обработкой семян изучаемыми препаратами была сформирована урожайность на уровне 37,1-43,6, 35,7-40,5 и 42,0-54,0 т/га соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Биологическая урожайность многолетних бобовых трав второго года жизни, среднее за 2019-2020 гг.

Table 2-Biological yield of perennial legumes of the second year of life, average for 2019-2020

Препарат/ Preparation (фактор В) / (factor B)	Зеленая масса, т/га по укосам / Green mass, t / ha by mowing			
	первый / first	второй / second	третий / third	всего / intotal
Люцерна изменчивая (факторА) / Alfalfa is variable (factor A)				
Контроль / Control	14,2	9,6	6,4	30,2
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	20,0	14,0	9,6	43,6
Гумариз / Gumariz	17,4	12,2	7,5	37,1
Агрика / Agrica	18,4	12,9	9,2	40,5
Агрика + азотобактер / Agrica + azotobacter	18,4	12,9	9,1	40,4
Агрика + микроэлементы + псевдомонады /Agrica + microelements + pseudomonads	19,5	14,0	9,8	43,3
Клевер луговой (фактор А) / Meadow clover (factor A)				
Контроль / Control	12,9	8,7	5,6	27,2
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	18,6	13,0	8,9	40,5
Гумариз / Gumariz	15,9	12,0	7,8	35,7
Агрика / Agrica	16,3	11,7	8,2	36,2
Агрика + азотобактер / Agrica + azotobacter	16,7	11,9	8,3	36,9
Агрика + микроэлементы + псевдомонады /Agrica + microelements + pseudomonads	17,8	12,8	8,4	39,0
Козлятник восточный (фактор А) / Eastern Goatee (factor A)				
Контроль / Control	16,0	9,8	7,0	32,8
Ризоторфин Б / Rizotorfin B	24,0	15,5	11,5	51,0
Гумариз / Gumariz	22,0	14,0	10,0	46,0
Агрика / Agrica	19,5	14,0	9,8	43,3
Агрика + азотобактер / Agrica + azotobacter	20,0	13,5	9,0	42,5
Агрика + микроэлементы + псевдомонады /Agrica + microelements + pseudomonads	20,0	14,0	8,0	42,0
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	2019 г. 2020 г.			
	А – 4,5 3,7 В – 2,4 2,8			

Определение химического состава растительных образцов показало, что содержание элементов питания в биомассе люцерны, клевера и козлятника зависело от применяемых препаратов. Растения на контрольных вариантах содержали 1,95-2,15% азота, что соответствует 12,2-13,4% протеина. Обработка семян люцерны Ризоторфином Б обеспечивала повышение содержания азота на 0,22%, Гумаризом – 0,15, Агрикой – 0,06, Агрикой с азотобактером – 0,18 и Агрикой + микроэлементы + псевдомонады – на 0,33%. В растениях клевера и козлятника на вариантах с обработкой препаратами по сравнению с контролем содержание азота повышалось соответственно на 0,36-0,79 и 0,35-0,85 % (рисунок 1).

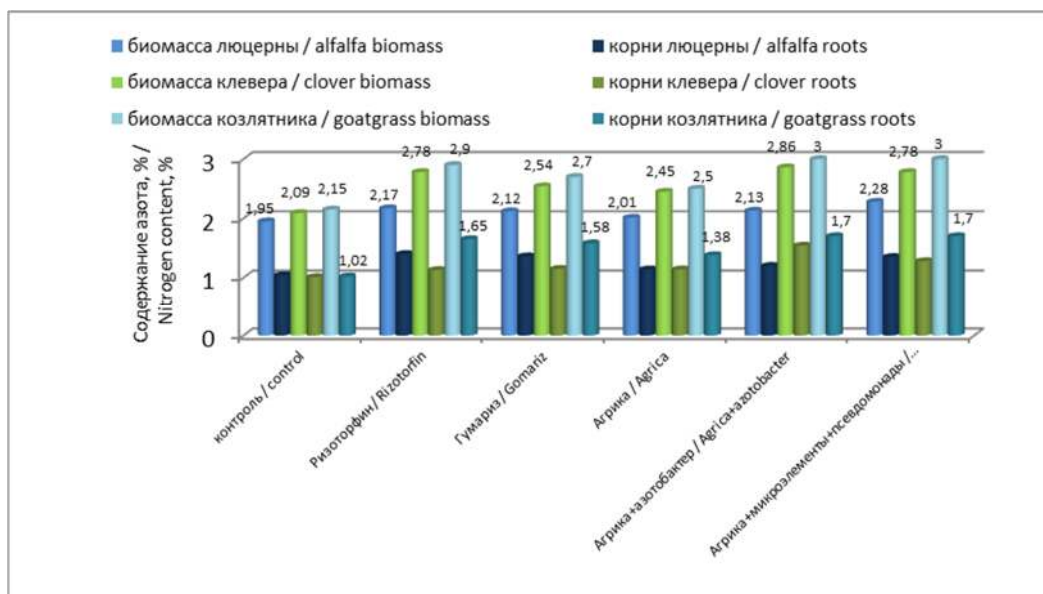


Рисунок 1 – Накопление азота в биомассе и корнях многолетних бобовых трав, 2020 г.

Figure 1 – Nitrogen accumulation in the biomass and roots of perennial legumes, 2020

Содержание азота в корневой массе бобовых трав также зависело от применяемых препаратов. В корнях люцерны на контроле количество азота составляло 1,04 %, а в вариантах с обработкой препаратами 1,14-1,40 %. У клевера эти показатели равнялись соответственно 1,01 и 1,13-1,54 %, козлятника – 1,02 и 1,38-1,70% (рисунок 1).

Выводы. Обработка семян многолетних бобовых культур непосредственно перед посевом биопрепаратами является эффективным приемом усиления симбиотической деятельности и повышения урожайности изучаемых трав. Использование Ризоторфина, Гумариза, Агрики и Агрики с добавлением азотобактера, а также микроэлементов и псевдомонад способствовало увеличению числа клубеньков на корнях растений в первом укосе до 56-84 штук против 11-32 шт./раст. – на контроле. Во втором и третьем укосе также проявлялось влияние биопрепаратов – количество клубеньков по сравнению с контрольным вариантом было значительно выше.

В первый год жизни посевы трав формировали 2 укоса. На контроле урожай составил 15,1 (люцерна), 13,5 (клевер), 9,5 т/га зеленой массы (козлятник). На делянках с обработкой семян биопрепаратами были сформированы урожаи: 18,2-22,5 т люцерны, 15,8-21,2 – клевера, 12,8-15,1 т/га зеленой массы – козлятника.

С посевов второго года жизни в сумме за три укоса на контроле было получено 27,2-32,8 т/га, на вариантах с применением биопрепаратов от 35,7-42,0 до 40,5-51,0 т/га зеленой массы. Наиболее высокой урожайностью отличались варианты с обработкой семян Ризоторфином Б и Агрикой с микроэлементами и псевдомонадами – 39,0 – 51,0 т/га.

В биомассе, отобранной с контрольных вариантов, содержалось 1,95-2,15% азота, а в образцах с вариантов применения препаратов количество азота было несколько выше: 2,01-2,28% – у люцерны, 2,45-2,86 – у клевера и 2,50-3,00 % – у козлятника. В корневой массе бобовых трав на вариантах с применением препаратов содержание азота, по сравнению с контролем, было выше на 0,10-0,53%.

Библиографический список

1. 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. 63-72.

2. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Молоканцева Е.И. Кормовая и средообразующая роль многолетних бобовых трав в орошаемом земледелии Нижнего Поволжья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. №6. С. 36-39.
3. Завалин А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. №5. С. 26-28.
4. Многолетние травы как фитомелиоранты / Е. П. Денисов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 48-50.
5. Мудрых Н. М., Самофалова И. А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор) // Пермский аграрный вестник. 2017. № 1 (17). С. 88-97.
6. Орлова А. Г., Рапина О. Г. Продуктивность люцерны изменчивой в зависимости от применения микробных препаратов в условиях Ленинградской области // Кормопроизводство. 2017. № 8. С. 33-37.
7. Оценка эффективности факторов биологизации в земледелии Уральского региона / Н. Н. Зенин [и др.] // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 34-41.
8. Применение биопрепаратов, регуляторов роста и комплексных удобрений в технологии возделывания кормовых и лекарственных культур / А. Н. Кшникаткина [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 5-2 (85). С. 234-240.
9. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии / А. А. Завалин [и др.] // Агрохимия. 2015. №5. С. 83-95.
10. Степанов А.Ф., Александрова С.Н., Храмов С.Ю. Азотфиксирующая способность и урожайность многолетних бобовых трав в подтаежной зоне Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2019. №1(33). С. 46-53.
11. Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses /I. M. Didur [et al.] // Modern Phytomorphology. 2019. №13. P. 30-34.
12. Yield components of lucerne were affected by sowing dates and inoculation treatments / J. M. Jáuregui [et al.] // European Journal of Agronomy. 2019. V. 103. P. 1-12.
13. Yield, fodder value and biologization of soil fertility increase with legume crops in the south-east of Kazakhstan / M. G. Zhetkergenkyzy[et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12. №2. P. 1223-1231.

Conclusions. Treatment of seeds of perennial legumes immediately before sowing with biological preparations is an effective method of enhancing symbiotic activity and increasing the yield of the studied herbs. The use of Rhizotorphin, Humariz, Agrika and Agrika with the addition of azotobacter, as well as trace elements and pseudomonads contributed to an increase in the number of nodules on the roots of plants in the first mowing to 56-84 pieces against 11-32 pieces/plant – in the control. In the second and third mowing, the influence of biological preparations was also manifested – the number of nodules was significantly higher compared to the control variant.

In the first year of life, the grass crops formed 2 mows. At the control, the yield was 15.1 (alfalfa), 13.5 (clover), and 9.5 t / ha of green mass (goatgrass). On the plots with seed treatment with biologics, yields were formed: 18.2-22.5 tons of alfalfa, 15.8-21.2-clover, 12.8-15.1 tons/ha of green mass - goatgrass.

In total, 27.2-32.8 t/ha were obtained from crops of the second year of life for three mowing periods in the control group, and from 35.7-42.0 to 40.5-51.0 t/ha of green mass in the variants with the use of biological products. The variants with seed treatment with Rhizotorphin B and Agrika with trace elements and pseudomonas were characterized by the highest yield-40.5-51.0 t / ha.

The biomass taken from the control variants contained 1.95-2.15% nitrogen, and the samples from the drug variants contained a slightly higher amount of nitrogen: 2.01-2.28% - in alfalfa, 2.45 – 2.86% – in clover, and 2.50-3.00% - in goat fowl. In the root mass of legumes in the variants with the use of preparations, the nitrogen content was higher by 0.10-0.53% compared to the control.

References

1. Dronova T. N., Burceva N. I. K voprosu o roli mnogoletnih trav v sohraneni plodorodiya pochv // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee profession-al'noe obrazovanie. 2016. №2(42). P. 63-72.
2. Dronova T. N., Burceva N. I., Molokanceva E. I. Kormovaya i sredobrazuyuschaya rol' mnogoletnih bobovyh trav v oroshaemom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. №6. P. 36-39.
3. Zavalin A. A. Optimizaciya mineral'nogo pitaniya i produktivnosti rastenij pri ispol'zovanii biopreparatov i udobrenij // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2015. T.29. №5. P. 26-28.
4. Mnogoletnie travy kak fitomelioranty / E. P. Denisov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). P. 48-50.
5. Mudryh N. M., Samofalova I. A. Opyt ispol'zovaniya rastitel'nyh ostatkov v pochvah Nechernozemnoj zony Rossii (obzor) // Permskij agrarnyj vestnik. 2017. № 1 (17). P. 88-97.
6. Orlova A. G., Rapina O. G. Produktivnost' lyucerny izmenchivoj v zavisimosti ot prime-neniya mikrobnih preparatov v usloviyah Leningradskoj oblasti // Kor-moproizvodstvo. 2017. № 8. P. 33-37.
7. Ocenka jeffektivnosti faktorov biologizacii v zemledelii Ural'skogo re-giona / N. N. Zenin [i dr.] // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 1 (25). P. 34-41.
8. Primenenie biopreparatov, reguljatorov rosta i kompleksnyh udobrenij v tehnologii vozde-lyvaniya kormovyh i lekarstvennyh kul'tur / A. N. Kshnikatkina [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauch-nogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2018. T. 20. № 5-2 (85). P. 234-240.
9. Sovremennoe sostoyanie problemy azota v mirovom zemledelii / A. A. Zavalin [i dr.] // Agrohimiya. 2015. №5. P. 83-95.
10. Stepanov A. F., Aleksandrova S. N., Hramov S. Yu. Azotfiksiruyuschaya sposob-nost' i urozhajnost' mnogoletnih bobovyh trav v podtaezhnoj zone Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo GAU. 2019. №1(33). P. 46-53.
11. Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses /I. M. Didur [et al.] // Modern Phy-tomorphology. 2019. №13. P. 30-34.
12. Yield components of lucerne were affected by sowing dates and inoculation treatments / J. M. Jáuregui [et al.] // European Journal of Agronomy. 2019. V. 103.P. 1-12.
13. Yield, fodder value and biologization of soil fertility increase with legume crops in the south-east of Kazakhstan / M. G. Zhetkerkenkyzy[et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12. №2. P. 1223-1231.

Author's Information

Dronova Tamara Nikolaevna, Chief Researcher of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agri-culture (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), Honored worker of science of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-4791>, e-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Burtseva Natalia Ivanovna, head of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), can-didate of agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Dvoynikova Olga Ivanovna, Director of Biofactory LLC (332 Ordzhonikidze Str., Kuznetsk, Penza Re-gion, 442530), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: ooobio@mail.ru

Zemtsova Irina Pavlovna, Junior researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), post-graduate student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8349-1084> e-mail: ivinai@bk.ru

Zemlyanitsyna Svetlana Vladimirovna, Junior researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), post-graduate student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5268> e-mail: svet-la80@inbox.ru

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, заведующий 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

Двойникова Ольга Ивановна, директор ООО «Биофабрика» (442530, Пензенская обл., г. Кузнецк, ул. Орджоникидзе, 332), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ooobio@mail.ru

Земцова Ирина Павловна, 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/0000-0001-8349-1084>, e-mail: ivinai@bk.ru

Земляницына Светлана Владимировна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), e-mail: svetla80@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-05

«MELILOT BIENNIAL» AS AN IMPROVER OF SOIL FERTILITY IN THE DRY-STEPPE ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zelenev¹, O. G. Chamurliiev¹, P. A. Smutnev²

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 07.12.2020

Submitted 08.04.2021

Summary

The article presents data on the return of organic matter and basic nutrients to the soil with green manure mass of melilot, the reserves of productive moisture, the yield of grain crops and the collection of grain from a unit of arable land in field specialized crop rotations of the dry steppe zone of chestnut soils of the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. The increase in field specialized crop rotations of crops of soil-improving crops, such as two-year yellow melilot, used for green fertilization, is an obvious and economically justified method of preserving and restoring soil fertility, increasing the production of grain products in the Lower Volga region. **Object.** The object of research was yellow biennial melilot, which was grown as a green manure crop as a predecessor of winter rye, spring and winter wheat in field crop rotations. **Materials and methods.** The studies were carried out in field crop rotations of the dry steppe zone of the Lower Volga region on the experimental fields of the Limited Liability Company «Experimental production farm - «Kamyshinskoe» and the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, respectively, in 2001-2013 and 2018-2020. The soil cover was represented by chestnut and light chestnut heavy loamy soils, with a humus content in the arable layer up to 2%. In the first experiment, in five- and six-pole crop rotations, the predecessor of winter rye was pure fallow, under which melilot was plowed for green manure, and in six-pole crop rotation, melilot was a precursor of spring wheat. In the second experiment, in a five-field rotation, the predecessor of winter wheat was fallow occupied by melilot. The experiment was carried out according to the method of B. A. Dospekhov. In the first experiment, the replication was four times, the size of the experimental plot was 360 m². In the second experi-

ment, the replication was threefold, the area of the experimental plot was 900 m². The sum of the average annual precipitation on the territory of the experimental production farm was 325.9 mm, and of the scientific institution - 339.7 mm. **Results and conclusion.** In the first experiment on chestnut soils, the highest total amount of organic matter entered the soil with plant residues of melilot, which were plowed under clean fallow - 3.87 t / ha. In the second experiment on light chestnut soils, where melilot for green manure was grown in a busy fallow, the organic matter returned to the soil was 49.1-50.6% less. When the green manure mass was embedded in the arable layer of the chestnut soil, 55.8-59.4 kg / ha of nitrogen, 17.2-18.7 kg of phosphorus and 35.3-37.8 kg / ha of potassium were additionally received. In the experiment on light chestnut soils, the return of nutrients to it decreased: nitrogen by 37.8-41.6%, phosphorus - 52.3-56.1% and potassium - 48.2-51.6%. In the experiment on chestnut soils, the plowing of melilot under clean fallow did not lead to the drying of the arable layer of soil when sowing winter rye, and when cultivated in a six-pole crop rotation, it contributed to an increase of 5.1 mm. The greatest amount of productive moisture in the one and a half meter layer of soil before sowing winter rye accumulated during cultivation in a five-field crop rotation in a pure fallow, under which the green manure mass of melilot was plowed - 122.3 mm, which is 20.5 mm higher than in the control. When winter rye plants left for winter, the highest supply of productive moisture in a one and a half meter layer of soil was ensured when cultivated in a five-field crop rotation in pure fallow with plowing of the green manure mass of melilot under it - 135 mm, which is 23 mm higher than in the control. With the spring regrowth of winter rye plants, a decrease in the reserves of productive moisture was ensured in comparison with the control option in all soil layers in a six-field crop rotation, in a five-field crop rotation only in arable and meter-wide, and in the 1.5-meter soil layer, an increase of 14 mm was observed. When plowing melilot for green manure for spring wheat, the reserves of productive moisture for its sowing, compared to the control option, decreased in all soil layers: in the arable soil - by 7.9 mm, in the meter - 16.2 mm and in the one and a half meter - 1.8 mm. The use of melilot crops on light chestnut soils in a busy fallow, which was a predecessor of winter wheat, reduced the reserves of productive moisture in comparison with the control variant only in a meter layer of soil by 9.9 mm. In the topsoil, they were at the level with the control - 14.1 mm. When winter wheat plants left for winter, the reserves of productive moisture in the fallow fallow fell in comparison with the control in all soil layers: in the arable soil - by 3.4 mm and in the meter - 4.3 mm. During the spring regrowth of winter wheat on a busy fallow, the reserves of productive moisture in the arable soil layer were the same as in the control - 34.5 mm, and in the meter layer they decreased by 3.3 mm. The most productive crop was winter rye. In crop rotations, where it was cultivated on a pure fallow, under which melilot was plowed for green manure, the yield was 2.89-2.97 t / ha, which is 0.46-0.54 t / ha higher than the control variant. There was a significant increase in the yield of spring wheat compared to the control variant when grown on melilot for green manure - 0.16 t / ha. In the experiment on light chestnut soils, the yield of winter wheat in clean and occupied fallow was the same - 1.8 t / ha. The introduction into the structure of the crop rotations of biennial sweet clover for green manure did not reduce grain harvest from 1 hectare of arable land. A significant increase was only in six-field crop rotations with plowing of melilot for green manure under pure fallow, which was used for cultivation of winter rye and spring wheat, 0.11 and 0.08 t / ha, respectively.

Key words: *melilot, green manure, soil fertility, organic matter, nutrients, productive moisture, yield, grain collection.*

Citation. Zelenev A. V., Chamurliev O. G., Smutnev P. A. Melilot biennial as an improver of soil fertility in the dry steppe zone of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro University Comp.* 2021. 2(62). 50-64 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-05.

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 633.366: 631.452 (470.44/47)

**ДОННИК ДВУЛЕТНИЙ КАК УЛУЧШИТЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ
В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****А. В. Зеленев¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**О. Г. Чамурлиев¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**П. А. Смутнев²**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 07.12.2020

Дата принятия к печати 08.04.2021

Актуальность. Нарращивание в полевых специализированных севооборотах посевов почвоулучшающих культур, таких как донник желтый двулетний, используемый на зеленое удобрение, является очевидным и экономически оправданным приемом сохранения и восстановления плодородия почвы, увеличения производства зерновой продукции в Нижнем Поволжье. **Объект.** Объектом исследований являлся донник желтый двулетний, который выращивался в качестве сидеральной культуры как предшественник озимой ржи, яровой и озимой пшеницы в полевых севооборотах. **Материалы и методы.** Исследования проводили в полевых севооборотах сухостепной зоны Нижнего Поволжья на опытных полях ООО «Камышинское ОПХ» и ФНЦ агроэкологии РАН, соответственно в 2001-2013 и 2018-2020 годах. Почвенный покров был представлен каштановой и светло-каштановой тяжелосуглинистыми почвами с содержанием гумуса в пахотном слое до 2 %. В первом опыте в пяти- и шестипольном севооборотах предшественником озимой ржи был чистый пар, под который запахивался донник на сидерат, а в шестипольном севообороте донник был предшественником яровой пшеницы. Во втором опыте в пятипольном севообороте предшественником озимой пшеницы был занятый донником пар. Закладку опыта проводили по методике Б. А. Доспехова. В первом опыте повторность была четырехкратная, размер опытной делянки составлял 360 м². Во втором опыте повторность – трехкратная, площадь опытной делянки – 900 м². Сумма среднесезонных годовых осадков на территории опытно-производственного хозяйства составляла 325,9 мм, научного учреждения – 339,7 мм. **Результаты и выводы.** В первом опыте на каштановых почвах самое высокое общее количество органического вещества поступало в почву с растительными остатками донника, которые запахивались под чистый пар – 3,87 т/га. Во втором опыте на светло-каштановых почвах, где донник на сидерат выращивался в занятом пару, в почву возвращалось органического вещества на 49,1-50,6 % меньше. При заделке сидеральной массы донника в пахотный слой каштановой почвы дополнительно поступало 55,8-59,4 кг/га азота, 17,2-18,7 кг фосфора и 35,3-37,8 кг/га калия. В опыте на светло-каштановых почвах возвращение в нее элементов питания снижалось: азота – на 37,8-41,6 %, фосфора – на 52,3-56,1 % и калия – на 48,2-51,6 %. В опыте на каштановых почвах запашка донника под чистый пар не приводила к иссушению пахотного слоя почвы при посеве озимой ржи, а при возделывании в шестипольном севообороте способствовала увеличению на 5,1 мм. Наибольшее количество продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы к посеву озимой ржи накапливалось при возделывании в пятипольном севообороте по чистому пару, под который запахивалась сидеральная масса донника – 122,3 мм, что выше, чем в контроле, на 20,5 мм. При уходе в зиму растений озимой ржи самый высокий запас продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы обеспечивался при возделывании в пятипольном севообороте по чистому пару с запашкой под него сидеральной массы донника – 135 мм, что выше, чем в контроле на 23 мм. При весеннем отрастании растений озимой ржи обеспечивалось снижение запасов продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом во всех почвенных слоях в шестипольном севообороте, в пятипольном только в пахотном и метровом, а в полутораметровом слое почвы наблюдалось увеличение на 14 мм. При запашке донника на сидерат под яровую пшеницу запасы продуктивной влаги к ее посеву по сравнению с контрольным вариантом снижались во всех слоях почвы: в пахотном – на 7,9 мм, в

метровом – 16,2 мм и в полутораметровом – 1,8 мм. Использование посевов донника на светло-каштановых почвах в занятом пару, который являлся предшественником озимой пшеницы, снижало запасы продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом только в метровом слое почвы на 9,9 мм. В пахотном слое почвы они были на уровне с контролем – 14,1 мм. При уходе растений озимой пшеницы в зиму запасы продуктивной влаги по занятому донником пару снижались в сравнении с контролем во всех слоях почвы: в пахотном – на 3,4 мм и в метровом – 4,3 мм. При весеннем отрастании озимой пшеницы по занятому пару запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы были одинаковыми с контролем – 34,5 мм, а в метровом слое снижались на 3,3 мм. Самой урожайной культурой была озимая рожь. В севооборотах, где она возделывалась по чистому пару, под который запахивался донник на сидерат, урожайность составляла 2,89-2,97 т/га, что выше контрольного варианта на 0,46-0,54 т/га. Существенной была прибавка урожайности яровой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом при выращивании по доннику на сидерат – 0,16 т/га. В опыте на светло-каштановых почвах урожайность озимой пшеницы по чистому и занятому парам была одинаковой – 1,8 т/га. Введение в структуру посевных площадей севооборотов донника двухлетнего на сидерат не снижало сбора зерна с 1 га пашни. Существенной прибавка была только в шестипольных севооборотах с запашкой донника на сидерат под чистый пар, по которому возделывалась озимая рожь и яровая пшеница, соответственно 0,11 и 0,08 т/га.

Ключевые слова: донник желтый, сидеральная масса донника, плодородие почвы, продуктивная влага, урожайность зерновых, сбор зерна.

Цитирование. Зеленев А. В., Чамурлиев О. Г., Смутнев П. А. Донник двухлетний как улучшитель плодородия почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 50-64. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-05.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе исследований, а также ознакомились и утвердили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. В сухостепной зоне Нижнего Поволжья существенные площади каштановых почв имеют низкое плодородие с содержанием гумуса до 2 %. У них снижена поглотительная способность, замедлены микробиологические процессы, ослаблен воздушный режим и аэрация, формируется структура почвы, неблагоприятная для роста и развития зерновых культур, их корневой системы. Такие почвы обладают плохой водопроницаемостью, а этот показатель важен для засушливых условий Волгоградской области [7, 11].

Переход земледелия от длинноротационных севооборотов к севооборотам с короткой ротацией, в структуре посевных площадей которых 75-80 % занимают зерновые и пропашные культуры, а 20-25 % чистые пары, под которые не вносятся органические удобрения, способствует снижению плодородия почв, качества зерна полевых культур и сбора их продукции с единицы пашни [8, 10].

Значительное сокращение в регионе поголовья сельскохозяйственных животных, особенно крупного рогатого скота, привело к снижению в структуре посевных площадей севооборотов кормовых и зернобобовых культур, злаковых и бобовых трав, которые являются основным источником сохранения почвенного плодородия, снижения дефляции [1, 14].

Для земледелия Волгоградской области характерны некомпенсированные потери органического вещества из почвы с выращенным урожаем сельскохозяйственных культур. Для устранения всех неблагоприятных факторов предлагается вводить в полевые специализированные севообороты посевы донника желтого двухлетнего с заделкой его в почву на сидерат – зеленое удобрение [3, 9].

Ценность культуры донника в кормопроизводстве и земледелии ясна: его используют в качестве кормовой, медоносной, парозанимающей и сидеральной культуры. Он очень выгоден двулетним периодом развития, в севообороте не занимает отдельное поле: в первый год его высевают под покров какой-нибудь зерновой культуры, во второй год он произрастает как занимающая пар культура. Также донник желтый двулетний как почвоулучшающая культура характеризуется огромными потенциальными возможностями, является важнейшим материалом регулярно возобновляемых органических ресурсов. За счет глубоко проникающих корней пополняет органическим веществом и биологическим азотом не только пахотный, но и подпахотный почвенные слои, перераспределяет элементы питания из нижних горизонтов в пахотный слой почвы. Во второй год жизни корни донника пробиваются вглубь почвенного горизонта более чем на один метр. Использование донника на сидерат улучшает коэффициент полезного действия солнечной энергии у зерновых культур на 20-25 %; защищает почву от водной эрозии и дефляции; переводит макро- и микроэлементы в почве из труднодоступных форм в легкодоступные, включает их в биологический круговорот; приводит в лучшее состояние химические, биологические и физические свойства почвы. После донника почва принимает комковато-зернистую водопрочную структуру, увеличивает водопроницаемость, лучше впитывает выпадающие осадки, меньше их испаряет, что очень важно в засушливых условиях. Поступление органического вещества в почву с растительными остатками донника биологически ее разрыхляет, улучшает деятельность почвенных бактерий, их размножение. Корневая система донника, проникая глубоко в почву, после отмирания создает внутripочвенные ходы, на глубину которых поступают влага и воздух, формируются подходящие условия для достаточного укоренения выращиваемых зерновых культур. Посевы донника на сидерат являются фитомелиорантом на загрязненных почвах, сдерживают рост и развитие сорной растительности, снижают энтомологическое и фитопатогенное влияние на растения зерновых культур [4, 5].

В современной ситуации, сложившейся в земледелии, необходим альтернативный путь к созданию адаптивных технологий выращивания полевых культур, которые благодаря элементам биологизации и ресурсосбережения допускали бы получение стабильно высоких урожаев качественного зерна. Наращивание посевов почвоулучшающих культур, таких как донник желтый двулетний, используемый на зеленое удобрение, является очевидным и экономически оправданным приемом сохранения и восстановления почвенного плодородия и увеличения производства зерновой продукции в Нижнем Поволжье [2, 15].

Материалы и методы. Целью исследований являлось изучение влияния посевов донника желтого двулетнего на сидерат в полевых специализированных севооборотах на плодородие каштановых и светло-каштановых почв, урожайность зерновых культур и сбор зерна с 1 га севооборотной площади.

Исследования проводили в полевых биологизированных севооборотах сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья, заложенных на опытных полях ООО «Камышинское ОПХ» и ФНЦ агроэкологии РАН, соответственно в 2001-2013 и 2018-2020 годах. Почвенный покров экспериментальных участков в первом хозяйстве был представлен каштановой, во втором научном учреждении светло-каштановой почвами, тяжелосуглинистыми по гранулометрическому составу и содержанием гумуса в пахотном слое до 2 %.

Объектом исследований являлся донник желтый двулетний, который выращивался в качестве сидеральной культуры как предшественник зерновых культур – озимой ржи, яровой и озимой пшеницы в полевых севооборотах.

В опыте № 1, который был заложен в ООО «Камышинское ОПХ», чередование полевых культур в севооборотах было следующим:

1) зернопаровой четырехпольный: пар чистый – озимая рожь – яровая пшеница – яровой ячмень (контроль);

2) зернопаротравяной пятипольный: пар чистый – озимая рожь – просо – яровой ячмень + донник – донник на сидерат;

3) зернопаротравянопропашной шестипольный: пар чистый – озимая рожь – горох – кукуруза на зерно – яровой ячмень + донник – донник на сидерат;

4) зернопаротравянопропашной шестипольный: пар чистый – озимая рожь – ячмень + донник – донник на сидерат – яровая пшеница – кукуруза на зерно.

В опыте № 2, который был заложен в ФНЦ агроэкологии РАН, донник как сидерат изучали в следующих полевых севооборотах:

1) зернопаровой четырехпольный: пар чистый – озимая пшеница – нут – яровой ячмень (контроль);

2) зернопаровой пятипольный: пар занятый (донник на сидерат) – озимая пшеница – нут – яровой ячмень – горчица + донник.

В первом опыте в вариантах 2, 3 и 4 выделенную из дикорастущих форм линию донника желтого двулетнего высевали под покров ярового ячменя. Это светолюбивое растение, в тени густого травостоя покровных культур посевы его сильно изреживаются, ослабевают и гибнут. В опыте донник активно развивался при посеве зернотравяной сеялкой СУТ-47, которая имела отдельный ящик для семян трав. При посеве такой сеялкой рядок донника чередовался с рядком ярового ячменя. Хуже получаются посевы донника под покров овса, суданской травы, проса. Высевать донник в чистом посеве нежелательно, так как первоначальный период роста у донника замедленный и посевы зарастают сорной растительностью. При отсутствии зернотравяной сеялки можно использовать овощные сеялки СКОН-4,2, у которых дисковые сошники с ограничителями глубины – ребордами. Можно посеять вначале покровную культуру с расширенными междурядьями (до 0,3 м), а затем по такой же схеме всеять донник. Посев донника проводят как можно раньше, по мере поспевания почвы, на глубину до 0,03 м. В связи с этим поле после посева покровной культуры прикатывали, если нет зернотравяной сеялки, и только после этого всевали донник и опять прикатывали. Каток использовали кольчато-шпоровой. Норма высева ярового ячменя снижалась на 30 % (как покровной культуры), а донника составляла 12 кг/га. При содержании продуктивной влаги в посевном слое более 7 мм, а в пахотном – 60 мм – всходы донника появляются на 6-8 день. Глубина заделки семян ярового ячменя и донника при посеве зернотравяной сеялкой СУТ-47 регулируется натяжением пружин над дисковыми сошниками на раме сеялки. При уборке покровной культуры в первый год жизни донника не следует устанавливать низкий срез жатки, высота среза ярового ячменя должна быть 0,2-0,25 м. Весной, во второй год жизни, посевы донника бороновали. Ни в коем случае нельзя на посевах донника применять гербициды, так как не появятся на корнях клубеньковые бактерии, а сам донник может полностью погибнуть. Уборку зеленой массы донника на сидерат проводили в июне, в фазу массовой бутонизации, не доводя до цветения. В опыте донник убирали комбайном с измельчителем САМПО-500. Измельченная высокорослая масса донника в этом случае хорошо заделывалась в почву, что приводило к лучшему ее разложению микроорганизмами. После уборки измельченная масса в опыте заделывалась тяжелой дисковой бороной БДТ-3 в почву на глубину 0,12-0,14 м, а затем в августе поле перепаживалось плугом ПН-4-35 на глубину 0,2-0,22 м и оставлялось под чистый пар, по которому высевали озимую рожь в вариантах 2 и 3. В варианте 4 сидеральную массу донника запахивали под посев

весной следующего года яровой пшеницы. В современных условиях при наличии мощных дискаторов появилась возможность сразу же после уборки заделать измельченную массу в почву и оставить поле под парование.

Во втором опыте агротехника возделывания также выделенной из дикорастущих форм линии донника желтого двулетнего была схожей с технологией выращивания этой культуры в первом опыте. Но были и отличия, которые, прежде всего, заключались в том, что здесь донник высевали под покров горчицы сеялкой ДОН-114, которая может работать как в условиях традиционной и минимальной, так и по нулевой основной обработке почвы. Донник на сидерат в фазу бутонизации не скашивали, а сразу измельчали и заделывали с помощью тяжелой дисковой бороны БДТ-3,8 в верхний 0,1-0,12 м слой почвы. Помимо этого, донник второго года жизни выращивали как сидеральную культуру в занятом пару, по которому высевали озимую пшеницу. Также отличия были в основной обработке почвы, которая проводилась орудием ОЧО-5-40 с многофункциональными рабочими органами модульного типа «РАНЧО» (оборот поверхностного пласта отвалом на глубину 0,2-0,22 м и чизелевание широким долотом на глубину 0,3-0,32 м).

Агротехника остальных полевых культур в севооборотах была общепринятой для зоны проведения исследований. По занятому сидеральному донниковому пару высевали озимую пшеницу Камышанка 5, чистому пару с предварительной запашкой под него сидеральной массы донника – озимую рожь Саратовская 7, а по доннику на сидерат – яровую пшеницу Камышинская 3. Во всех севооборотах, кроме контрольных, в почву запахивалась солома возделываемых зерновых культур.

Закладку опыта проводили по методике Б. А. Доспехова. Варианты в опытах размещали рендомизированно, в первом опыте повторность была четырехкратная, размер опытной делянки составлял 360 м², учетной – 200 м². Во втором опыте повторность трехкратная, площадь опытной делянки – 900 м², учетной – 782 м². Во время проведения исследований погодные условия существенно различались по годам. Сумма среднесезонных годовых осадков на территории ООО «Камышинское ОПХ» составляла 325,9 мм, ФНЦ агроэкологии РАН – 339,7 мм.

Результаты и обсуждение. Проведенными многолетними исследованиями установлено, что выращивание донника желтого на зеленое удобрение способствовало накоплению в почве 10-12 т/га органического вещества, что эквивалентно по содержанию углерода 40-45 т навоза. Включение в травосмесь донника позволяет значительно увеличить процесс формирования наземной массы фитоценозов в 1,7-2,5 раза [12]. В нашем опыте поступление органического вещества в пахотный слой почвы с растительными остатками донника представлено в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что в исследованиях ООО «Камышинское ОПХ» на каштановых почвах в длительном стационарном опыте за 13 лет самое высокое количество органического вещества поступало в почву с надземной воздушно-сухой сидеральной массой донника – 2,19-2,32 т/га. С корневой массой донника в почву поступало органического вещества в 1,4-1,5 раза меньше, чем с надземной. В общем, больше всего с растительными остатками донника в почву возвращалось органического вещества в вариантах, где сидеральная масса этой культуры запахивалась под чистый пар, по которому высевалась озимая рожь в пяти- и шестипольном севооборотах – 3,87 т/га. При выращивании донника на сидерат в шестипольном севообороте, где его масса запахивалась под посев яровой пшеницы, в почву поступало органического вещества по сравнению с первыми вариантами на 0,12 т/га или 3,1 % меньше.

Таблица 1 – Количество органического вещества, поступившего в пахотный 0-0,3 м слой почвы с воздушно-сухой массой растительных остатков донника, т/га

Table 1 – The amount of organic matter received in the arable 0-0.3 m layer of soil with air-dry mass of plant residues of melilot, t/ha

№ варианта / № option	Воздушно-сухая масса / Air-dry mass		
	надземная / overhead	корневая / root	всего / in total
ООО «Камышинское ОПХ», среднее за 2001-2013 годы / Limited liability company «Kamyshinskoe Experimental production facilities», average over 2001-2013			
2	2,32	1,55	3,87
3	2,28	1,59	3,87
4	2,19	1,56	3,75
ФНЦ агроэкологии РАН, среднее за 2018-2020 годы / Federal research center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, average over 2018-2020			
2	1,17	0,74	1,91

В опыте ФНЦ агроэкологии РАН на светло-каштановых почвах, где донник на сидерат выращивался в занятом пару, в почву с его растительными остатками возвращалось меньше органического вещества, чем в опыте, проведенном в ООО «Камышинское ОПХ», с надземной массой на 46,6-49,6 %, корневой – на 52,3-53,5 % и в общем – на 49,1-50,6 %.

Эффективность донника как сидерата в повышении плодородия почвы зависит не только от количества его биомассы, поступающей в почву, но и от возвращающихся с ней основных элементов питания. Исследованиями установлено, что с растительными остатками донника в почву поступает азота – 154 кг/га, фосфора – 55 кг/га и калия – 150 кг/га [13]. В наших опытах различное количество растительных остатков, возвратившееся в почву с сидератом донника, определило разное количество элементов питания, которые поступили в нее (таблица 2).

Таблица 2 – Масса основных элементов питания, поступивших в пахотный 0-0,3 м слой почвы с органическим веществом донника, кг/га

Table 2 – Mass of the main elements of nutrition received in the arable 0-0.3 m layer of soil with organic matter of melilot, kg/ha

№ варианта / № option	Поступило в почву / Received in the soil								
	надземная масса / aboveground mass			корневая масса / root mass			всего / in total		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ООО «Камышинское ОПХ», среднее за 2001-2013 годы / Limited liability company «Kamyshinskoe Experimental production facilities», average over 2001-2013									
2	34,8	13,9	27,6	23,4	4,8	9,8	58,2	18,7	37,4
3	35,6	13,2	27,8	23,8	4,8	10	59,4	18	37,8
4	32,4	12,5	25,6	23,4	4,7	9,7	55,8	17,2	35,3
ФНЦ агроэкологии РАН, среднее за 2018-2020 годы / Federal research center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, average over 2018-2020									
2	24,6	6,2	12,7	10,1	2	5,6	34,7	8,2	18,3

Из данных таблицы 2 видно, что при заделке надземной и корневой воздушно-сухой сидеральной массы донника в пахотный слой на каштановых почвах дополнительно поступало 55,8-59,4 кг/га азота, 17,2-18,7 кг фосфора и 35,3-37,8 кг/га калия. В опыте на светло-каштановых почвах в связи с меньшим поступлением сидеральной массы донника в почву снижалось и возвращение основных элементов питания в нее: азота – на 37,8-41,6 %, фосфора – на 52,3-56,1 % и калия – на 48,2-51,6 %. Как видно,

больше всего из элементов питания с сидеральной массой донника в почву поступало азота, потому что данная культура накапливает этот элемент в своей биомассе за счет фиксации клубеньковыми бактериями из воздуха.

Многолетними исследованиями ученых установлено, что водный режим почвы в большинстве случаев определяется выпавшими атмосферными осадками. Результативность их усвоения почвой обуславливается характером и временем выпадения, применяемыми приемами биологизации. Чистый пар не только аккумулирует, но и теряет большое количество продуктивной влаги из почвы при испарении. В засушливых условиях происходит сокращение количества продуктивной влаги от весны к осени. Занятый донником пар накапливал 45 % продуктивной влаги от суммы выпавших за период парования осадков, а чистый пар в метровом слое пополнялся влагой лишь на 23 %. Поэтому в занятых парах влага тратилась в целом на создание органического вещества и приумножение ее в почве, а в чистых – на непроизводительное испарение из почвы. Формирование на поверхности почвы мульчирующего слоя из растительных остатков донника в занятом пару и снижение промежутка времени с отсутствием на поле растений является специальным приемом рационального расходования атмосферных осадков [3]. Динамика продуктивной влаги после парования – перед посевом, уходом в зиму, при весеннем отрастании растений и уборку озимых культур, а также после донника на сидерат перед посевом и уборкой яровой пшеницы представлена в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что в опыте на каштановых почвах запашка сидеральной массы донника под чистый пар не приводила к иссушению пахотного слоя почвы к моменту посева озимой ржи, а при возделывании в шестипольном севообороте способствовала даже увеличению на 5,1 мм или 21,3 %. Несколько иссушался по сравнению с контрольным вариантом более глубокий метровый слой почвы в варианте выращивания озимой ржи в пятипольном севообороте по чистому пару с запашкой под него донника, на 4,2 мм или 5,4 %. Наибольшее количество продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы к посеву озимой ржи накапливалось при возделывании в пятипольном севообороте по чистому пару, под который запахивалась сидеральная масса донника – 122,3 мм, что выше, чем в контроле на 20,5 мм, или 20,1 %. При выращивании озимой ржи по такому же предшественнику, но в шестипольном севообороте превышение относительно контроля было минимальным и составляло 2,4 мм. При уходе в зиму растений озимой ржи запас продуктивной влаги в пахотном слое почвы между вариантами не отличался и составлял 31,3-32,6 мм. В метровом слое почвы этот показатель незначительно снижался в вариантах с донником по сравнению с контролем на 3-4 мм, или 3,3-4,4 %. В полутораметровом слое почвы самый высокий запас продуктивной влаги обеспечивался перед уходом в зиму озимой ржи, возделываемой в пятипольном севообороте по чистому пару с запашкой под него сидеральной массы донника – 135 мм, что выше, чем в контроле на 23 мм, или 20,5 %. При весеннем отрастании растений озимой ржи обеспечивалось снижение запасов продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом во всех почвенных слоях в шестипольном севообороте, в пятипольном только в пахотном и метровом, а в полутораметровом слое почвы наблюдалось, наоборот, увеличение на 14 мм, или 9,9 %. В целом обеспечивалось увеличение запасов продуктивной влаги от посева к уходу в зиму и весеннему отрастанию растений озимой ржи во всех почвенных слоях, к уборке они снижались до критических значений.

При запашке донника на сидерат не под чистый пар, а непосредственно под яровую пшеницу запасы продуктивной влаги к ее посеву по сравнению с контрольным вариантом снижались во всех слоях почвы: в пахотном – на 7,9 мм, или 20,4 %, в метровом – на 16,2 мм, или 16,1 % и в полутораметровом – на 1,8 мм, или 1,5 %. Это связано

с дополнительным расходом почвенной влаги на процессы гумификации растительных остатков донника. Поэтому после этой культуры запасы продуктивной влаги за осенне-зимний период не успевали восстанавливаться до контрольных значений. К уборке яровой пшеницы запасы продуктивной влаги снижались во всех почвенных слоях.

Таблица 3 – Запас продуктивной влаги в посевах зерновых культур в зависимости от различного применения донника на сидерат

Table 3 – Productive moisture reserve in grain crops in depending on the various applications of melilot for green manure

№ варианта / № option	Предшественник / Predecessor	Слой почвы, м / Soil layer, m	Запас продуктивной влаги, мм / Productive moisture reserve, mm			
			посев / sowing	уход в зиму / go- ing into winter	весеннее отрастание / spring regrowth	уборка / cleaning
ООО «Камышинское ОПХ», среднее за 2001-2013 годы / Limited liability company «Kamyshinskoe Experimental production facilities», average over 2001-2013						
Озимая рожь / Winter rye						
1 (контроль) / (control)	Пар чистый / Steam clean	0-0,3	24	31,3	41,3	4,2
		0-1	78,4	90,4	116,8	13,2
		0-1,5	101,8	112	141,8	21,2
2	Пар чистый (донник си- дерат) / Steam clean (meli- lot siderat)	0-0,3	23,5	32,6	36,8	3,4
		0-1	74,2	87,4	105,8	10,6
		0-1,5	122,3	135	155,8	35,1
3	Пар чистый (донник си- дерат) / Steam clean (meli- lot siderat)	0-0,3	29,1	31,8	34,3	3,4
		0-1	79,6	86,4	106,6	9,6
		0-1,5	104,2	113	138,8	15,7
Яровая пшеница / Spring wheat						
1 (контроль) / (control)	Озимая рожь / Winter rye	0-0,3	38,8	-	-	4
		0-1	100,4	-	-	11,6
		0-1,5	121,3	-	-	16,4
4	Донник сидерат / Melilot siderat	0-0,3	30,9	-	-	3,4
		0-1	84,2	-	-	6,4
		0-1,5	119,5	-	-	14,5
ФНЦ агроэкологии РАН, среднее за 2018-2020 годы / Federal research center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, average over 2018-2020						
Озимая пшеница / Winter wheat						
1 (контроль) / (control)	Пар чистый / Steam clean	0-0,3	13,5	27,6	34,2	7,6
		0-1	55,1	88,1	98,6	19,9
2	Пар занятый (донник сидерат) / Steam busy (melilot siderat)	0-0,3	14,1	24,2	34,5	6
		0-1	45,2	83,8	95,3	15,7

Исследования, проведенные на светло-каштановых почвах, показали, что использование посевов донника на сидерат в занятом пару, который являлся предшественником озимой пшеницы, снижало запасы продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом только в метровом слое почвы на 9,9 мм, или 18 %. В пахотном слое почвы они были на уровне с контролем и составляли 14,1 мм. При уходе растений озимой пшеницы в зиму запасы продуктивной влаги по занятому донником пару снижались в сравнении с контролем во всех слоях почвы: в пахотном – на 3,4 мм, или 12,3 % и в метровом – на 4,3 мм, или 4,9 %. При весеннем отрастании озимой пшеницы

по занятому пару запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы были одинаковыми с контролем – 34,5 мм, а в метровом слое снижались на 3,3 мм. Следует отметить, что запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы повышались от посева к весеннему отрастанию и только к уборке снижались до критических значений.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что урожайность озимых культур во многом определялась осенними и весенними, а яровых – весенними запасами влаги в почве, а также условиями их увлажнения в вегетационный период. Установлена эффективность введения донника на сидерат как предшественника зерновых культур в полевые севообороты. Доказано, что азотфиксирующие и фитомелиоративные особенности донника способствуют повышению плодородия почвы, что в конечном итоге увеличивает урожайность полевых культур. Так, урожайность зерновых, располагаемых в севообороте по житняку с донником, составляла 1,2 т/га, что больше, чем по только житняку на 0,11 т/га. Урожайность яровой пшеницы, размещенной по занятому донником пару, составляла 1,57 т/га [12]. В наших опытах урожайность озимой ржи, яровой и озимой пшеницы в зависимости от различных вариантов применения донника на сидерат представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Хозяйственная урожайность зерновых культур в зависимости от различных вариантов применения донника на сидерат, т/га

Table 4 – Economic productivity of grain crops depending on various options for using melilot for green manure, t/ha

№ варианта / № option	Культура / Culture	Предшественник / Predecessor	Средняя урожайность / Average yield
ООО «Камышинское ОПХ», среднее за 2001-2013 годы / Limited liability company «Kamyshinskoe Experimental production facilities», average over 2001-2013			
1 (контроль) / (control)	Озимая рожь / Winter rye	Пар чистый / Steam clean	2,43
2		Пар чистый (донник сидерат) / Steam clean (melilot siderat)	2,89
3		Пар чистый (донник сидерат) / Steam clean (melilot siderat)	2,97
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	-	-	0,11
1 (контроль) / (control)	Яровая пшеница / Spring wheat	Озимая рожь / Winter rye	0,81
4		Донник сидерат / Melilot siderat	0,97
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	-	-	0,1
ФНЦ агроэкологии РАН, среднее за 2018-2020 годы / Federal research center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, average over 2018-2020			
1 (контроль) / (control)	Озимая пшеница / Winter wheat	Пар чистый / Steam clean	1,8
2		Пар занятый (донник сидерат) / Steam busy (melilot siderat)	1,8
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	-	-	0,12

Из данных таблицы 4 видно, что в среднем самой урожайной культурой была озимая рожь. Так, в севооборотах, где она возделывалась по чистому пару, под который запахивался донник на сидерат, хозяйственная урожайность составляла 2,89-2,97 т/га, что выше контрольного варианта на 0,46-0,54 т/га, или 18,9-22,2 %. Прибавка урожайности была существенной, математически доказанной. Также существенной была прибавка урожайности яровой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом при вы-

ращивании по доннику на сидерат – 0,16 т/га. В опыте на светло-каштановых почвах средняя хозяйственная урожайность озимой пшеницы по чистому и занятому парам была одинаковой и составляла 1,8 т/га.

Исследованиями установлено, что продуктивность севооборотов в большой степени зависит от структуры посевных площадей, научно-обоснованного чередования культур, адаптированных к экологическим условиям зоны возделывания и насыщения их органическим веществом [6]. Эффективность севооборотов по сбору зерна с 1 га севооборотной площади в зависимости от различного применения донника на сидерат представлена в табл. 5.

Таблица 5 – Сбор зерна в полевых севооборотах в зависимости от различного применения донника на сидерат, т/га севооборотной площади

Table 5 – Grain harvesting in field crop rotations, depending on various applications of melilot for green manure, t/ha of crop rotation area

№ варианта / № option	Севооборот / Crop rotation	Прием биологизации / Reception biologization	Средний сбор зерна / Average grain harvest
ООО «Камышинское ОПХ», среднее за 2001-2013 годы / Limited liability company «Kamyshinskoe Experimental production facilities», average over 2001-2013			
1 (контроль) / (control)	Зернопаровой четырехпольный / Grain-steam four-field	Пожнивно-корневые остатки / Stubble-root residues	1,01
2	Зернопаротравяной пятипольный / Grain-herbal five-field	Пожнивно-корневые остатки, донник на сидерат / Stubble-root residues, melilot for green manure	1,03
3	Зернопаротравянопропашной шестипольный / Grain-steam herbal-row six-field	Пожнивно-корневые остатки, донник на сидерат / Stubble-root residues, melilot for green manure	1,12
4	Зернопаротравянопропашной шестипольный / Grain-steam herbal-row six-field	Пожнивно-корневые остатки, донник на сидерат / Stubble-root residues, melilot for green manure	1,09
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	-	-	0,07
ФНЦ агроэкологии РАН, среднее за 2018-2020 годы / Federal research center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, average over 2018-2020			
1 (контроль) / (control)	Зернопаровой четырехпольный / Grain-steam four-field	Пожнивно-корневые остатки / Stubble-root residues	0,93
2	Зернопаровой пятипольный / Grain-steam five-field	Пожнивно-корневые остатки, донник на сидерат / Stubble-root residues, melilot for green manure	0,98
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	-	-	0,08

Из данных таблицы 5 видно, что в опытах, проведенных на каштановых и светло-каштановых почвах, введение в структуру посевных площадей севооборотов донника дву-летнего на сидерат не снижало сбора зерна с 1 га севооборотной площади. Существенной прибавка была только в шестипольных севооборотах с запашкой донника на сидерат под чистый пар, по которому возделывалась озимая рожь и яровая пшеница, соответственно 0,11 и 0,08 т/га или 10,9 и 7,9 %. В пятипольных севооборотах, где сидеральная масса донника запахивалась под чистый пар, по которому выращивалась озимая рожь, а также где предшественником озимой пшеницы был занятый донником пар, прибавка в сборе зерна была на уровне с контрольным вариантом и, соответственно, составляла 0,02 и 0,05 т/га.

Выводы. Проведенные в сухостепной зоне каштановых и подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья исследования позволяют рекомендовать донник желтый двулетний в качестве улучшителя почвенного плодородия. Применение донни-

ка на сидерат способствует увеличению возврата органического вещества и основных элементов питания в почву, повышению и стабилизации урожайности основных зерновых культур региона – озимой ржи и пшеницы, сбору зерна с 1 га севооборотной площади без существенных затрат на минеральные удобрения.

Библиографический список

1. Борисова Е. Е. Применение сидератов в мире // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. Сер. Технические науки. 2015. Вып. 6 (49). С. 24-33.
2. Владыкина Н. И. Влияние различных удобрительных материалов и систем обработки дерново-подзолистой среднесмытой почвы на показатели ее плодородия // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 10-13.
3. Кураченко Н. Л., Бопп В. Л. Динамика углерода водорастворимого гумуса в черноземе обыкновенном под чистыми и бинарными посевами донника // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5 (252). С. 14-20.
4. Мельник А. Ф., Кондрашин Б. С. Биологизированные технологии – фактор повышения продуктивности озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5 (59). С. 3-6.
5. Новоселов С. И., Кузьминых А. Н., Еремеев Р. В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 22-25.
6. Перспективные полевые севообороты в Нижнем Поволжье / А. И. Беленков [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 1 (43). С. 9-14.
7. Постников П. А. Агроэкологический мониторинг при применении зеленых удобрений // Плодородие. 2014. № 1. С. 42-43.
8. Приходько А. В., Сусский А. Н., Моляр С. А. Влияние различных видов органических удобрений на показатели урожайности и качества зерна пшеницы озимой в условиях степного Крыма // Таврический вестник науки. 2017. № 4 (12). С. 98-107.
9. Сидераты в земледелии Нечерноземной зоны / М. Н. Новиков [и др.] // Агрохимический вестник. 2013. № 4. С. 20-26.
10. Соснина И. Д. Влияние видов органических и минеральных удобрений на урожайность зерновых, продуктивность пашни и сохранение плодородия почвы // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 32-36.
11. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Агротехнологические приемы повышения урожайности озимых и яровых зерновых культур в условиях Астраханской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1 (43). С. 3-6.
12. Чекалин С. Г. Донник в биологизации земледелия в Западном Казахстане // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (43). С. 31-33.
13. Dedov A. V., Boluchevsky D. A. Influence of biological techniques for restoring soil fertility and methods of soil treatment on the fertility of typical chernozem and yield of winter wheat // Vestnik OrelGAU. 2014. № 1 (46). P. 38-41.
14. Maksimova Kh. I., Nikolaeva V. S., Buslaeva V. I. The influence of green-manured fallow on saline soil fertility of Yakutia // International Agricultural Journal. 2020. № 1. Pp. 9.
15. Titova V. I., Vetchinnikov A. A., Krasovsky A. A. Comparative study of the different types of organic fertilizers influence on the content of humus in technologically disturbed light gray forest light loamy soil // International Agricultural Journal. 2018. № 4. Pp. 80-88.

Conclusions. The studies carried out in the dry steppe zone of chestnut and the subzone of light chestnut soils of the Lower Volga region allow us to recommend two-year-old yellow melilot as an improver of soil fertility. The use of melilot for green manure contributes to an increase in the return of organic matter and basic nutrients to the soil, an increase and stabilization of the productivity of the main grain crops of the region – winter rye and wheat, grain harvesting from 1 hectare of the crop rotation area, without significant costs for mineral fertilizers.

References

1. Borisova E. E. *Primenenie sideratov v mire* // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-jeconomicheskogo instituta. Ser. Tehnicheskie nauki. 2015. Vol. 6 (49). P. 24-33.
2. Vladykina N. I. *Vliyanie razlichnyh udobritel'nyh materialov i sistem obrabotki dernovo-podzolistoj srednesmytoj pochvy na pokazateli ee plodorodiya* // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2013. № 10. P. 10-13.
3. Kurachenko N. L., Bopp V. L. *Dinamika ugleroda vodorastvorimogo gumusa v chernozeme obyknovennom pod chistymi i binarnymi posevami donnika* // Sibir-skij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 5 (252). P. 14-20.
4. Mel'nik A. F., Kondrashin B. S. *Biologizirovannye tehnologii - faktor povysheniya produktivnosti ozimoy pshenicy* // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 5 (59). P. 3-6.
5. Novoselov S. I., Kuz'minyh A. N., Ereemeev R. V. *Plodorodie pochvy i produktivnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki i sevooborota* // Plodorodie. 2019. № 6 (111). P. 22-25.
6. *Perspektivnye polevye sevooboroty v Nizhnem Povolzh'e* / A. I. Belenkov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. T. 12. № 1 (43). P. 9-14.
7. Postnikov P. A. *Agrojekologicheskij monitoring pri primenenii zelenykh udobrenij* // Plodorodie. 2014. № 1. P. 42-43.
8. Prihod'ko A. V., Susskij A. N., Molyar S. A. *Vliyanie razlichnyh vidov organicheskikh udobrenij na pokazateli urozhajnosti i kachestva zerna pshenicy ozimoy v usloviyah stepnogo Kryma* // Tavricheskij vestnik nauki. 2017. № 4 (12). P. 98-107.
9. *Sideraty v zemledelii Nechernozemnoj zony* / M. N. Novikov [i dr.] // Ag-rohimicheskij vestnik. 2013. № 4. P. 20-26.
10. Sosnina I. D. *Vliyanie vidov organicheskikh i mineral'nykh udobrenij na urozhajnost' zernovykh, produktivnost' pashni i sohranenie plodorodiya pochvy* // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2013. № 5. P. 32-36.
11. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. *Agrotehnologicheskie priemy povysheniya urozhajnosti ozimyyh i yarovyyh zernovykh kul'tur v usloviyah Astrahanskoj oblasti* // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2020. № 1 (43). P. 3-6.
12. Chekalin S. G. *Donnik v biologizacii zemledeliya v Zapadnom Kazahstane* // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 4 (43). P. 31-33.
13. Dedov A. V., Boluchevsky D. A. *Influence of biological techniques for restoring soil fertility and methods of soil treatment on the fertility of typical chernozem and yield of winter wheat* // Vestnik OrelGAU. 2014. № 1 (46). P. 38-41.
14. Maksimova Kh. I., Nikolaeva V. S., Buslaeva V. I. *The influence of green-manured fallow on saline soil fertility of Yakutia* // International Agricultural Journal. 2020. № 1. Pp. 9.
15. Titova V. I., Vetchinnikov A. A., Krasovsky A. A. *Comparative study of the different types of organic fertilizers influence on the content of humus in technologically disturbed light gray forest light loamy soil* // International Agricultural Journal. 2018. № 4. Pp. 80-88.

Author's Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, «Volgograd state agrarian University» (Volgograd state agricultural University) (26 Universitetsky Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences, tel. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Chamurliov Omaryi Georgievich, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8-902-363-54-07, E-mail: attika.ge@yandex.ru

Smutnev Pavel Anatolyevich, leading researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-937-720-38-85. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946> smut-pavel@yandex.ru

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> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Чамурлиев Омарий Георгиевич, заведующий кафедрой «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8-902-363-54-07, E-mail: attika.ge@yandex.ru

Смутнев Павел Анатольевич, ведущий научный сотрудник Камышинской 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. 8-937-720-38-85, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946> smut-pavel@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-06

TECHNOLOGY OF STRIP PROCESSING OF SOIL UNDER CORN FOR GRAIN IN THE CHERNOZEM-STEPPE ZONE OF THE VOLGOGRAD REGION

V.M. Ivanov¹, A.V. Kubareva¹, E.V. Mishchenko¹, E.S. Vorontsova²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia*

Received 10.09.2020

Submitted 25.05.2021

Summary

The results of research for 2013-2015, obtained in a three-factor experiment with corn for grain, when grown according to the Strip-till system in the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region, are summarized.

Abstract

Introduction. World practice shows that the use of Strip-till technology significantly improves the properties of the soil. The efficiency of strip tillage using the Orthman cultivator and leaving high corn stalks for snow retention increases due to the better moisture supply of the cultivated crop. **Materials and methods.** The studies were conducted in the Volgograd region in 2013-2015. Three factors and their combinations were studied: A – precursor (A1 – winter wheat, A2 – corn for grain, A3 – sunflower), B – doses of mineral fertilizers (B1 – without fertilizer, B2 – N₅₀P₁₆K₁₆, of which N₁₆P₁₆K₁₆ – the main application of + N₃₄ in root feeding, B3 – N₆₆P₃₂K₃₂, of which N₃₂P₃₂K₃₂ – the main application of + N₃₄ in root feeding) and C – seeding rates (C1 – 50 thousand/ha of germinating seeds, C2 – 60 thousand/ha and C3 – 70 thousand/ha). **Results and conclusions.** It is established that the best precursor of grain corn is steam winter with the application of mineral fertilizers N₆₆P₃₂K₃₂ and the seeding rate of 60 thousand/ha of germinating seeds (average yield of 6.30 t/ha). Corn as a precursor with a similar combination of factors was significantly inferior to wheat annually (5.93 t/ha), and sunflower was the least favorable, after which the average grain yield decreased to 4.03 t/ha. According to the calculations of the energy assessment, high energy indicators of the grain harvest and gross energy increments were obtained after winter wheat and corn on the above options of fertilizer and seeding rates - 95.3, 89.8 GJ/ha, and 78.2, 72.7 GJ/ha, respectively. The energy efficiency coefficient was 5.55 for winter wheat, 5.25 for corn, and 3.67 for sunflower. The results of the economic assessment confirm the advantage of the predecessors steam winter wheat and corn for grain when applying fertilizers N₆₆P₃₂K₃₂ and the seeding rate of 60 thousand/ha of germinating seeds. The indicators of the cost of grain products are the lowest in this option (2331 and 2473 rubles/ton), and the profitability levels are the highest – 166.0 and 150.7%, respectively.

Key words: agroenergy assessment, corn for grain, mineral fertilizers, seeding rate, predecessor, strip-till, yield, economic assessment.

Citation. Ivanov V.M., Kubareva A.V., Mishchenko E.V., Vorontsova E.S. Technology of strip processing of soil under corn on grain in the chernozem-steppe zone of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 64-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-06.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 633.15:631.445.4

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУКУРУЗУ НА ЗЕРНО В ЧЕРНОЗЕМНО-СТЕПНОЙ ЗОНЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. М. Иванов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. В. Кубарева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. В. Мищенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е. С. Воронцова², кандидат биологических наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.09.2020

Дата принятия к печати 25.05. 2021

Актуальность. Мировая практика показывает, что применение технологии Стрип-тилл значительно улучшает свойства почвы. Эффективность полосовой обработки почвы с использованием культиватора Orthman и оставлением для снегозадержания высоких стеблей кукурузы возрастает за счет лучшей влагообеспеченности возделываемой культуры. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Волгоградской области в 2013-2015 гг. Изучались три фактора и их сочетания: А – предшественник (А1 – озимая пшеница, А2 – кукуруза на зерно, А3 – подсолнечник), В – дозы минеральных удобрений (В1 – без удобрения, В2 – $N_{50}P_{16}K_{16}$, из них $N_{16}P_{16}K_{16}$ – основное внесение + N_{34} в корневую подкормку, В3 – $N_{66}P_{32}K_{32}$, из них $N_{32}P_{32}K_{32}$ – основное внесение + N_{34} в подкормку) и С – нормы высева (С1 – 50 тыс./га всхожих семян, С2 – 60 тыс./га и С3 – 70 тыс./га). **Результаты.** Установлено, что лучшим предшественником кукурузы является паровая озимая пшеница при внесении минеральных удобрений $N_{66}P_{32}K_{32}$ и норме высева 60 тыс./га всхожих семян (средняя урожайность 6,30 т/га). Кукуруза как предшественник при аналогичном сочетании факторов ежегодно достоверно уступала пшенице (5,93 т/га), а наименее благоприятным оказался подсолнечник, после которого средняя урожайность зерна снизилась до 4,03 т/га. Высокие показатели энергии урожая зерна и приращения валовой энергии получены после озимой пшеницы и кукурузы на указанных вариантах удобрения и норм высева – 95,3; 89,8 ГДж/га и 78,2; 72,7 ГДж/га соответственно. Коэффициент энергетической эффективности составил по озимой пшенице 5,55, кукурузе – 5,25, подсолнечнику – 3,67. Результаты экономической оценки подтверждают преимущество предшественников – паровая озимая пшеница и кукуруза на зерно – при внесении удобрений $N_{66}P_{32}K_{32}$ и норме высева 60 тыс./га всхожих семян. На данном варианте получены самые низкие показатели себестоимости производства зерна (2331 и 2473 руб./т), а уровни рентабельности самые высокие – 166,0 и 150,7 %.

Ключевые слова: полосовая обработка почвы, кукуруза на зерно, минеральные удобрения, нормы высева кукурузы, стрип-тилл, урожайность кукурузы.

Цитирование. Иванов В. М., Кубарева А. В., Мищенко Е. В., Воронцова Е. С. Технология полосовой обработки почвы под кукурузу на зерно в черноземно-степной зоне Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 64-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-06.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мировая практика показывает, что применение полосовой обработки (Strip-till) значительно улучшает свойства почвы [1]. Коэффициент энергетической эффективности на удобренных фонах существенно снижается, а наиболее высоким он оказывается на варианте без удобрения [2, 4]. Эффективность полосовой обработки

почвы с использованием культиватора Orthman и оставлением для снегозадержания высоких стеблей кукурузы возрастает за счет лучшей влагообеспеченности возделываемой культуры [9]. Агротехнология Strip-till обеспечивает улучшение показателей структуры урожая [5]. Применение корневых подкормок кукурузы увеличивает урожайность [6, 7]. В странах, применяющих ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве, создаются устойчивые агроэкосистемы [10]. Sarauskis E. отмечает [11], что система Стрип-тилл набирает большую популярность в мире. Технология Strip-till, по мнению многих авторов, получит широкое практическое применение, что позволит выращивать высокие урожаи продовольственных культур даже в зонах недостаточного увлажнения и получать положительный экономический эффект [3, 8, 12].

Материалы и методы. В ЗАО «Краснокоротковское» Новоаннинского района Волгоградской области проведены исследования по системе Стрип-тилл. Изучались три фактора и их сочетания: А – предшественник (А1 – озимая пшеница, А2 – кукуруза на зерно, А3 – подсолнечник), В – дозы минеральных удобрений (В1 – без удобрения, В2 – $N_{50}P_{16}K_{16}$, из них $N_{16}P_{16}K_{16}$ – основное внесение + N34 в корневую подкормку, В3 – $N_{66}P_{32}K_{32}$, из них $N_{32}P_{32}K_{32}$ – основное внесение + N34 в подкормку) и С – нормы высева (С1 – 50 тыс./га всхожих семян, С2 – 60 тыс./га и С3 – 70 тыс./га). Общая площадь делянки 3-го порядка – 228 м², учетной – 182 м². Почва – чернозем южный. Выращивался раннеспелый гибрид кукурузы НК Гитаго.

С осени при необходимости вносили гербицид Рап. Полосы нарезались с одновременным внесением основного удобрения в жидком виде с 10 по 14 октября культиватором Ортман на глубину 0,23-0,25 м. Посев осуществляли сеялкой Моносем. В фазу 3-5 листьев при достижении ЭПВ применяли гербицидную обработку Балериной в дозе 0,4 л/га и корневую подкормку аммиачной селитрой (N34) на фонах $N_{16}P_{16}K_{16}$ и $N_{32}P_{32}K_{32}$. Убирали комбайном Акрос 530.

За вегетационный период в 2013 г. осадков выпало 199 мм, 2014 г. – 127 мм и в 2015 г. – 235 мм. По гидротермическим коэффициентам (ГТК) годы исследований оценивались как засушливый, очень засушливый и засушливый соответственно.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены данные по урожайности.

Таблица 1 – Урожайность кукурузы на зерно в опыте, 2013-2015 гг., т/га

Table 1 – Productivity of corn for grain by factors, 2013-2015, t/ha

Фактор В / Factor B										
Фактор А / Factor A	Год / Year	Контроль / Control			N ₅₀ P ₁₆ K ₁₆			N ₆₆ P ₃₂ K ₃₂		
		Фактор С / Factor C								
		50	60	70	50	60	70	50	60	70
Озимая пшеница / Winter wheat	2013	5,06	5,60	5,60	6,32	7,05	7,00	7,22	7,86	7,80
	2014	4,19	4,14	4,00	4,90	4,82	4,64	5,27	5,20	5,08
	2015	4,60	4,72	4,63	5,34	5,46	5,28	5,72	5,84	5,76
	среднее / average	4,62	4,82	4,74	5,52	5,78	5,64	6,07	6,30	6,21
Кукуруза на зерно / Corn for grain	2013	4,78	5,42	5,54	5,99	6,75	6,68	6,83	7,38	7,40
	2014	3,80	3,64	3,45	4,55	4,48	4,16	4,93	4,85	4,74
	2015	4,23	4,36	4,25	4,97	5,16	5,01	5,37	5,56	5,41
	среднее / average	3,65	4,47	4,41	5,17	5,46	5,28	5,71	5,93	5,85
Подсолнеч- ник / Sun- flower seeds	2013	3,72	3,92	3,91	4,72	4,93	4,90	5,45	5,80	5,75
	2014	1,93	1,80	1,75	2,28	2,14	2,07	2,46	2,51	2,33
	2015	3,06	3,17	3,09	3,41	3,47	3,42	3,69	3,78	3,71
	среднее / average	2,90	2,96	2,91	3,47	3,51	3,46	3,87	4,03	3,92

Максимальная урожайность стабильно формировалась по предшественнику – озимая пшеница – на фоне $N_{66}P_{32}K_{32}$ и норме высева 60 тыс./га (A1B3C2) – 6,30 т/га в среднем за три года. После самой кукурузы при том же сочетании факторов В и С она снизилась до 5,93 т/га, а по подсолнечнику – до 4,03 т/га.

Таблица 2 – Продуктивность кукурузы на зерно по факторам, 2013-2015 гг., т/га

Table 2 – Productivity of corn for grain by factors, 2013-2015, t/ha

Фактор / Factor	2013			2014			2015		
	Озимая пшеница / Winter wheat	Кукуруза на зерно / Corn for grain	Подсолнечник / Sunflower seeds	Озимая пшеница / Winter wheat	Кукуруза на зерно / Corn for grain	Подсолнечник / Sunflower seeds	Озимая пшеница / Winter wheat	Кукуруза на зерно / Corn for grain	Подсолнечник / Sunflower seeds
Среднее (A) / Average (A)	6,61	6,31	4,79	4,69	4,29	2,14	5,26	4,92	3,42
Среднее (B) / Average (B)	контроль – 4,84 N50P16K16 – 6,03 N66P32K32 – 6,83			контроль – 3,19 N50P16K16 – 3,78 N66P32K32 – 4,15			контроль – 4,01 N50P16K16 – 4,61 N66P32K32 – 4,98		
Среднее (C) / Average (C)	50 тыс./га – 5,57 60 тыс./га – 6,08 70 тыс./га – 6,06			50 тыс./га – 3,81 60 тыс./га – 3,73 70 тыс./га – 3,58			50 тыс./га – 4,48 60 тыс./га – 4,61 70 тыс./га – 4,50		

НСР05 2013: A, B, C, ABC = 0,64, AB, AC, BC = 1,10

НСР05 2014: A, B, C, ABC = 0,61, AB, AC, BC = 1,06

НСР05 2015: A, B, C, ABC = 0,66, AB, AC, BC = 1,14

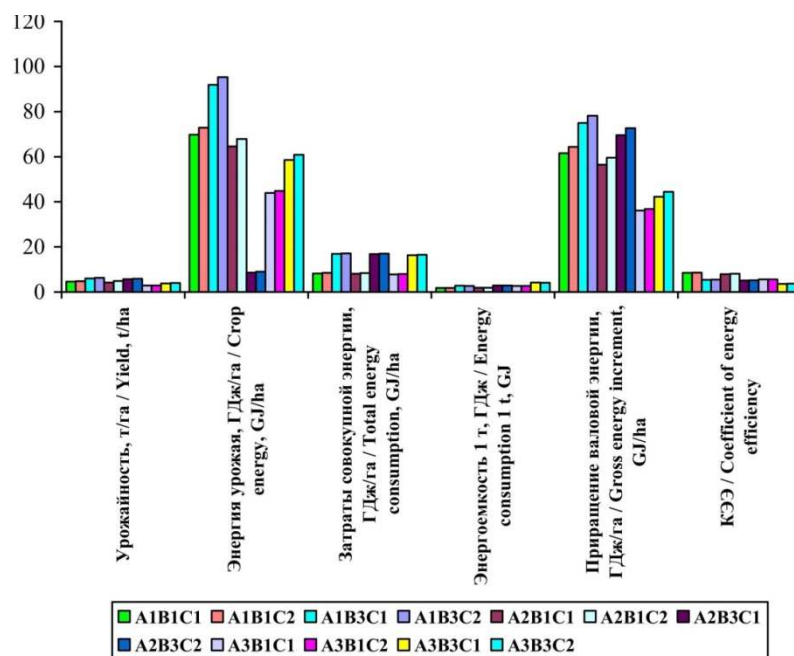


Рисунок 1 – Энергетическая эффективность возделывания кукурузы на зерно в зависимости от предшественников, удобрений ($N_{66}P_{32}K_{32}$ и контроль), при нормах высева 50 и 60 тыс./га за 2013-2015 гг.

Figure 1 – The energy efficiency of cultivation of corn on grain depending on precursors, fertilizers ($N_{66}P_{32}K_{32}$ and control), under the norms of seeding 50 and 60 thousand/ha in 2013-2015

Урожайность по предшественникам зерновой кукурузы в 2013 г. составила по озимой пшенице 6,61 т/га, кукурузе – 6,31, подсолнечнику – 4,79 т/га, в 2014 г. – 4,69, 4,29, 2,14 т/га и в 2015 г. – 5,26, 4,92, 3,42 т/га соответственно. Лучшей дозой удобрений была N66P32K32, а нормой высева – 60 тыс./га всхожих семян.

Энергетическая эффективность выращивания кукурузы показана на рисунке 1.

Энергия урожая по предшественнику – озимая пшеница – на варианте A1B3C2 в среднем возросла до 95,3 ГДж/га, кукурузе (A2B3C2) – 89,8 и подсолнечнику (A3B3C2) до 60,9 ГДж/га. Валовая энергия на указанных вариантах достигла 78,2, 72,7, 44,4 ГДж/га соответственно, при норме высева 50 тыс./га перечисленные выше показатели также снижались.

Затраты совокупной энергии на 1 га увеличивались при росте нормы минеральных удобрений. В частности, A1B3C2 – на 17,0 и A2B3C2 – на 16,5 ГДж/га. На контроле без удобрений они существенно сократились.

Энергоемкость 1 т зерна по варианту N66P32K32 (B3) составила: после озимой пшеницы 2,72 ГДж/т, кукурузы – 2,87 и подсолнечника – 4,11 ГДж/т. Коэффициенты энергетической эффективности (КЭЭ) за счет большей урожайности по предшественникам – озимая пшеница и кукуруза на зерно – составили 5,55, 5,25, а после подсолнечника – всего 3,67.

Такие важные экономические показатели, как затраты средств, себестоимость, прибыль, уровень рентабельности при ресурсосберегающих технологиях, должны способствовать стабилизации экономики, сокращению технологических операций, затрат на электроэнергию и топливо, снижению затрат труда и доз внесения минеральных удобрений.

Экономические расчеты показали, что затраты средств по вариантам A1B3C2 составили – 14,7, A2B3C2 – 14,6 и A3B3C2 – 14,5 тыс. руб./га.

Минимальная себестоимость продукции отмечена на вариантах A1B3C2, A2B3C2 и A3B3C2 – 2,3; 2,4 и 3,6 тыс. руб./т (рисунок 2). На варианте по предшественнику – кукуруза (A2B3C2) – она возросла на 0,1 тыс. руб./т, а на варианте после подсолнечника (A3B3C2) себестоимость увеличилась на 1,3 тыс. руб./т. С увеличением нормы высева от 60 до 70 тыс./га повышалась и себестоимость зерна.

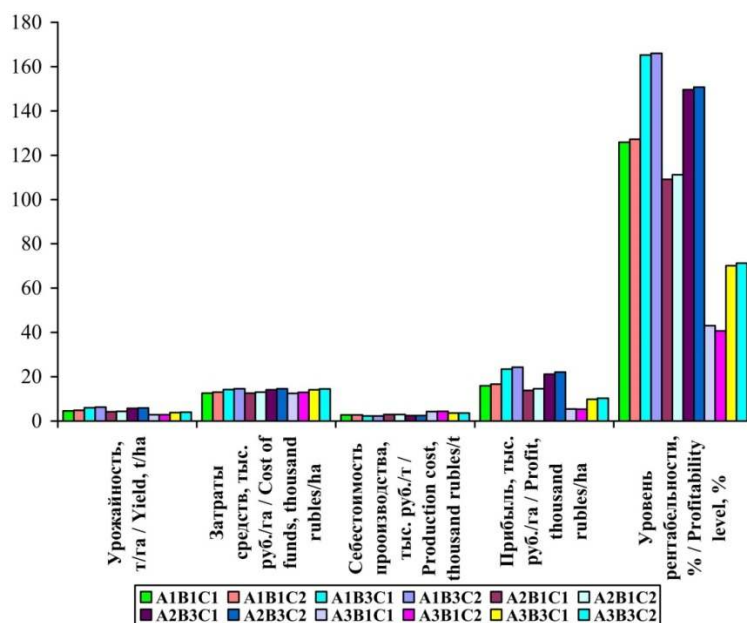


Рисунок 2 – Экономика производства зерна кукурузы, 2018 г.

Figure 2 – Economy production of corn, 2018

Наибольшая прибыль и максимальная рентабельность получены при сочетании факторов А1ВЗС2 и А2ВЗС2 – 24,3 тыс. руб./га, 166,0 % и 22,1 тыс. руб./га, 150,7 %. Заметно худшие показатели получены на А3ВЗС2 – 10,3 тыс. руб./га и 71,3 %.

Выводы. Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

– наивысшая хозяйственная урожайность зерна кукурузы в среднем за годы проведения опытов ежегодно формировалась на варианте А1ВЗС2 – 6,30 т/га. Немного, но статистически достоверно уступил вариант А2ВЗС2 (5,93 т/га) и значительно – А3ВЗС2 (4,03 т/га);

– максимальные показатели энергии урожая зерна и приращения валовой энергии также получены на А1ВЗС2 и А2ВЗС2 - 95,3; 89,8 ГДж/га и 78,2, 72,7 ГДж/га.

– коэффициенты энергетической эффективности снижаются по сравнению с неудобренным фоном на А1ВЗС2 и А2ВЗС2 до 5,55 и 5,25;

– экономика производства зерна показала, что лучшими вариантами также были А1ВЗС2 и А2ВЗС2. Здесь получены самая низкая себестоимость производства зерна (2,3 и 2,4 тыс. руб./т) и самый высокий уровень рентабельности – 166,0 и 150,7 %.

Библиографический список

1. Агротехнические особенности использования Strip-till технологии в растениеводстве (рекомендации производству) / Х. М. Сафин, Р. С. Фахрисламов, Л. С. Шварц [и др.]. Уфа: Мир печати, 2017. 44 с.

2. Беляев В. И., Майнел Т., Тиссен Р. Технология Strip-till: особенности конструкций машин ведущих мировых производителей и их применение // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 11 (109). С. 86-91.

3. Классификация машин для полосовой технологии обработки почвы / В. М. Бойков, С. В. Старцев, И. Л. Воротников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 72-76.

4. Максютон Н. А. Ресурсосберегающие почвозащитные приёмы и технологии обработки почвы, повышение её плодородия, урожайности и качества продукции в полевых севооборотах Оренбуржья // Известия Оренбургского аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 19-21.

5. Особенности формирования посева кукурузы на зерно при технологиях No-till и Strip-till в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. М. Хлопяников [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 2 (10). С. 77-82.

6. Семина С. А., Палийчук А. С., Гаврюшина И. В. Условия возделывания и продуктивность кукурузы // Нива Поволжья. 2016. № 4 (41). С. 63-69.

7. Сотченко Ю. В., Исмагилов Р. Р., Ахияров Б. Г. Урожайность и качество зерна гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного университета. 2018. № 48. С. 39-43.

8. Технические решения для технологий No-till и Strip-till / В. А. Милюткин, Н. Ф. Стребков, С. А. Соловьёв [и др.] // Известия Оренбургского аграрного университета. 2014. № 6 (50). С. 61-63.

9. Эффективные технологические приёмы в земледелии, обеспечивающие оптимальное влагонакопление в почве и влагопотребление / В. А. Милюткин, В. В. Орлов, Г. В. Кнурова [и др.] // Известия Оренбургского аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 69-72.

10. Effect of conservation agriculture on corn-based farming system in the mid-hills of Nepal / P. Bikash, J. K. Th. Radovich, C. Chan-Halbrendt [et al.] // Humanitarian Technology: Science, Systems and Global Impact. 2014. No 78. P. 327-336.

11. Research in strip tillage machine row cleaner technology process / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene [et al.] // Engineering for rural development. 2015. No 20. P. 51-56.

12. Voitik A.V., Kravchenko V. V. Kutkovetska T. O. Analysis of strip cultivators for tillage on the technology of strip-till // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки. January 2020.

Conclusion. The results obtained allowed to draw the following conclusions:

- the highest economic yield of corn grain on average during the years of experiments was formed annually at an A1B3C2 - 6.30 t/ha. Slightly, but the variant A2B3C2 (5.93 t/ha) was statistically reliably, and significantly - A3B3C2 (4.03 t/ha);
- maximum energy rates of grain and gross energy increases are also obtained on A1B3C2 and A2B3C2 - 95.3, 89.8 GJ/ha and 78.2, 72.7 GJ/ha.
- the coefficients of energy efficiency are reduced compared to the disobedient background at A1B3C2 and A2B3C2 to 5.55 and 5.25;
- the grain production economy showed that the best options were also A1B3C2 and A2B3C2. Here, the lowest cost of grain production (2.3 and 2.4 thousand rubles per ton) and the highest level of profitability is 166.0 and 150.7%.

Reference

1. Agrotechnical features of using Strip-till technology in crop production (production recommendations) / Kh. M. Safin, R. S. Fakhislamov, L. S. Schwartz [et al.]. Ufa: World of the Press, 2017. 44 p.
2. Belyaev V. I., Mainel T., Thyssen R. Strip-till technology: design features of the machines of the world's leading manufacturers and their application // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. No. 11 (109). P. 86-91.
3. Classification of machines for strip technology of soil treatment / V. M. Boikov, S. V. Startsev, I. L. Vorotnikov [et al.] // Agrarian Scientific Journal. 2020. No. 5. P. 72-76.
4. Maksyutov N.A. Resource-saving soil-protective techniques and technologies for soil cultivation, increasing its fertility, productivity and product quality in field crop rotation of the Orenburg region // Bulletin of the Orenburg Agrarian University. 2015. No. 1 (51). P. 19-21.
5. Features of the formation of sowing corn for grain with No-till and Strip-till technologies in the conditions of the forest-steppe of the Central Black Earth Region / L. A. Naumkina, E. L. Silvanichuk, A. M. Khlopyanikov, A. N. Kryukov // Innovations in Agribusiness: Problems and Prospects. 2016. No. 2 (10). P. 77-82.
6. Semina S. A., Paliychuk A. S., Gavryushina I. V. The conditions of cultivation and productivity of corn // Niva of the Volga Region. 2016. No. 4 (41). P. 63-69.
7. Sotchenko Yu.V., Ismagilov R. R., Akhiyarov B. G. Productivity and grain quality of corn hybrids in the Republic of Bashkortostan // Bulletin of the Bashkir State University. 2018. No. (48). P. 39-43.
8. Technical solutions for No-till and Strip-till technologies / V. A. Milyutkin, N. F. Strebkov, S. A. Solovyov, Z. V. Makarovskaya // Bulletin of the Orenburg Agrarian University. 2014. No. 6 (50). P. 61-63.
9. Effective technological methods in agriculture, providing optimal moisture accumulation in the soil and moisture consumption / V. A. Milyutkin, V. V. Orlov, G. V. Knurova, V. S. Stenovskiy // Proceedings of the Orenburg Agrarian University. 2015. No. 6 (56). P. 69-72.
10. Effect of conservation agriculture on corn-based farming system in the mid-hills of Nepal / P. Bikash, J. K. Th. Radovich, C. Chan-Halbrendt [et al.] // Humanitarian Technology: Science, Systems and Global Impact. 2014. No 78. P. 327-336.
11. Research in strip tillage machine row cleaner technology process / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene [et al.] // Engineering for rural development. 2015. No 20. P. 51-56.
12. Voitik A.V., Kravchenko V. V. Kutkovetska T. O. Analysis of strip cultivators for tillage on the technology of strip-till // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки. January 2020.

Authors Information

Ivanov Vladimir Mikhailovich, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Agricultural Sciences. E-mail: ivanov-vgsxa@mail.ru

Kubareva Anastasia Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, LLC "Agrochemical D F" (office 414, 9 A Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russian Federation).

Mishchenko Evgeniy Vladimirovich, Associate Professor of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002, Russian Federation), Candidate of Agricultural Sciences. E-mail: Agronomvgsha@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russian Federation). E-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Иванов Владимир Михайлович, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: ivanov-vgsxa@mail.ru

Кубарева Анастасия Владимировна, кандидат с.-х. наук, ООО «Агрокемикал Ди Эф» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9 а, офис 414).

Мищенко Евгений Владимирович, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: Agronomvgsha@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). E-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-07

STRIP-TILLING SYSTEM FOR CORN FOR GRAIN IN THE ZONE OF CENTRAL CAUCASUS

Yu.A. Kuzychenko¹, R.G. Gadzhumarov¹, A.N. Dzhandarov¹

¹*Federal State Budget Institution*

«North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Mikhailovsk

Received 21.01.2021

Submitted 15.05.2021

Summary

The article presents the results of studies on the efficiency of cultivation of corn for grain using strip tillage technology using elements of Strip-till technology in comparison with the technology adopted in the eastern zone of the Stavropol Territory, taking into account the prevailing soil and climatic conditions of the crop cultivation zone.

Abstract

Introduction. New technological solutions in the cultivation of row crops, one of which is strip tillage for grain corn using elements of *Strip-till* technology, are relevant, since they allow saving material and energy resources. **Materials and methods.** The object of research is the modernized *Strip-till* technology for grain corn with strip tillage on the southern black soil in the eastern part of the Stavropol Territory in comparison with the technology adopted in this zone. Standard methods of agrophysical research were used to determine the structure of the soil, its density and the supply of productive moisture. The power-law dependence of soil density on the weighted average diameter of aggregates was established using the methods of the theory of dimensions. **Results and conclusions.** As a result of the research, it was found that in the autumn and spring periods of the crop growing season, a smaller weighted average diameter of aggregates with the *Strip-till* technology by 0.8 and 1.2 mm, in comparison with a pleasant cultivation system, formed a higher soil density (by 0.02 g / cm³), and, accordingly, the capillary porosity is higher by 7 and 4%. In 2019, a larger supply of productive moisture was formed with Strip-till technology in comparison with the one adopted for technological terms: by 8 mm, 13 mm and 5 mm, respectively, and in the extremely dry period of 2020, the reserves of productive moisture are also higher with *Strip-till* by 6 mm, 10 mm and 2 mm, respectively, in comparison with the accepted technology. The introduction of a strip tillage system with *Strip-till* elements in the cultivation of corn for grain made it possible to increase yields by an average of 0.20 t / ha, reduce costs by 9.8% and increase profitability by 33%.

Key words: tillage, strip system, corn for grain, southern chernozem, Central Caucasus.

Citation. Kuzychenko Yu.A., Gadzhumarov R.G., Dzhandarov A.N. Strip soil cultivation system for grain corn in the zone Central Caucasus. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 71-78 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-07.

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 interests. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 631.5:633.15:631.582(470.62/.67)

ПОЛОСНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУКУРУЗУ НА ЗЕРНО В ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Ю. А. Кузыченко¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Р. Г. Гаджиумаров¹, кандидат сельскохозяйственных наук
А. Н. Джандаров¹, научный сотрудник

¹ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск

Дата поступления в редакцию 21.01.2021

Дата принятия к печати 15.05.2021

Актуальность. Новые технологические решения при возделывании пропашных культур, одной из которых является полосная обработка почвы под кукурузу на зерно с использованием элементов технологии Strip-till, являются актуальными, поскольку позволяют экономить материальные и энергетические ресурсы. **Объект.** Объектом исследований является модернизированная технология Strip-till под кукурузу на зерно с полосной обработкой почвы на черноземе южном в восточной части Ставропольского края в сравнении с принятой технологией в данной зоне. **Материалы и методы.** Применялись стандартные методы агрофизических исследований по определению структурности почвы, ее плотности и запаса продуктивной влаги. Методами теории размерностей установлена степенная зависимость плотности почвы от средневзвешенного диаметра агрегатов. **Результаты и выводы.** В результате исследований установлено, что осенний и весенний периоды вегетации культуры меньший средневзвешенный диаметр агрегатов при технологии Strip –till на 0,8 и 1,2 мм, в сравнении с принятой системой обработки, сформировал большую плотность почвы (на 0,02 г/ см³), а соответственно выше и капиллярная пористость – на 7 и 4 %. В 2019 году сформировался больший запас продуктивной влаги при технологии Strip-till в сравнении с принятой по технологическим срокам: на 8 мм, 13 мм и 5 мм соответственно, а в крайне засушливый период 2020 года запасы продуктивной влаги также выше при Strip-till на 6 мм, 10 мм и 2 мм в сравнении с принятой технологией. Внедрение полосной системы обработки почвы с элементами Strip-till при возделывании кукурузы на зерно позволило повысить урожайность в среднем на 0,20 т/га, снизить затраты на 9,8 % и увеличить рентабельность на 33 %.

Ключевые слова: способы обработки почвы, полосная система обработки почвы, кукуруза на зерно, условия возделывания кукурузы.

Цитирование. Кузыченко Ю. А., Гаджиумаров Р. Г., Джандаров А. Н. Полосная система обработки почвы под кукурузу на зерно в зоне Центрального Предкавказья. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 71-78. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-07.

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 определенном этапе развития технологий возделывания пропашных культур в Ставропольском крае потребовалась модернизация систем обработки почвы с учетом снижения энергоресурсных затрат и уменьшения влияния эрозионных

процессов на почву [3-5, 13, 14]. Такой модернизацией явилось внедрение технологии No-till без механического воздействия на почву и полосная технология Strip-till с нарезкой почвенных щелей; обе технологии на фоне обработки стерни глифосатом [6-8, 10, 11]. Основанием для применения технологии Strip-till является возможность более широкого ее внедрения под пропашные культуры, поскольку, наряду с оставлением межполосных необработанных промежутков с оставлением стерни, в зоне высева семян создается щель с рыхлым слоем почвы [2, 9, 15, 16]. Однако вопрос сохранения определенного запаса продуктивной влаги с оставлением необработанной межполосной стерни при технологии Strip-till и той же технологии только с предварительным поверхностным лущением стерни на глубину до 5-8 см и созданием почвенно-соломистой мульчи остается открытым [12]. Цель исследований – изучить динамику агрофизических условий в почве в период вегетации кукурузы на зерно с выходом на урожайность культуры при принятой в зоне и модернизированной технологии Strip-till.

Материалы и методы. Исследования проводились в южной части Ставрополья. Летне-осенние периоды 2019 и 2020 годов сопровождались засушливым периодом с ГТК = 0,23 и 0,08 соответственно. Почва: чернозем южный карбонатный. Гумус – 3,2 %; $P_2 O_5$ = 12,3 мг/кг (по Мачигину); K_2O – 278 мг/кг. Культуры: кукуруза на зерно по озимой пшенице. Основные способы обработки: принятая (вспашка на 20-22 см на фоне дискования на 5-8 см, КАС (190 л/га) под 1-ю весеннюю культивацию, посев с нитроаммофоской (NPK 16) – 45 д.в.) и модернизированная с элементами технологии Strip-till (дискование на 5-8 см – обработка стерни глифосатом – нарезка полос щелерезом на 20-22 см с внесением КАС (190 л/га), посев с нитроаммофоской (NPK 16) – 45 д.в.).

Агрофизические исследования проводились по общепринятым методикам; сухой рассев почвы – по методике Савинова, плотность почвы – методом цилиндров, влажность почвы – термостатно-весовым методом, водопроницаемость почвы в весенний период за один час пролива определялась прибором ПВН-00.

Методом подобия [1] рассчитана степенная зависимость плотности почвы P ($г/дм^3$) от внутреннего трения почвы T ($кг/см^2$) и средневзвешенного диаметра агрегатов d (мм), проводя математические операции над степенями размерностей показателей с выходом на формулу зависимости $P = T^a d^b$.

Результаты и обсуждение.

В результате исследований установлено большее количество агрономически ценных агрегатов по периодам отбора проб на 4,3 % и 5,5 % при технологии Strip – Till, с большим коэффициентом структурности на 0,8 и 0,33 единицы. Повышенный процент эрозионных частиц (увеличение на 1,2 и 2,0 % в сравнении с принятой системой обработкой) связан с предварительным 2-х следным дискованием агрегатом «Catros» на глубину 5-8 см (таблица 1).

Таблица 1 – Структурно-агрегатный состав почвы при различных системах обработки

Table 1 – Structural and aggregate composition of the soil for various processing systems

Система обработки почвы / Tillage system	Осенний период / Autumn period			Весенний период / Spring period		
	10 – 0,25 мм, % / 10 – 0,25 mm, %	Коэффициент структурности / Structure factor	< 1 мм, % / < 1 mm, %	10 – 0,25мм, % / 10 – 0,25mm, %	Коэффициент структурности / Structure factor	< 1 мм, % / < 1 mm, %
Принятая / Adopted	74,7	3,0	22,5	57,0	1,34	13,9
Strip-till	79,1	3,8	23,7	62,5	1,67	15,9

Классический метод теории размерностей и подобия позволяет меньшим числом полевых отборов прогнозировать динамику изменения агрофизических процессов в почве. Обоснована математическая модель степенной зависимости плотности почвы P

(г/дм³) определенного типа почвы стационарного опыта в процессе основной обработки от сил внутреннего трения почвы F (г/см²) и от средневзвешенного диаметра агрегатов d (мм). Размерный ряд степеней: $\text{кг}^{-3} \cdot \text{м}^{-3} = (\text{кг}^{-3} \cdot \text{м}^{-4})^{\alpha} \cdot (\text{м}^{-3})^{\beta}$. Уравнение степеней размерности (кг): $-3 = -3\alpha$, $\alpha = 1$; аналогично размерностей (м): $-3 = -4\alpha - 3\beta$. $\beta = -1/3$. Формула имеет вид: $P = C \cdot (F / d^{1/3})$, т.е. в процессе исследований следует ожидать, что чем меньше средневзвешенный диаметр агрегатов d , тем выше плотность почвы P , с учетом корректирующего коэффициентом C для определенного типа почвы.

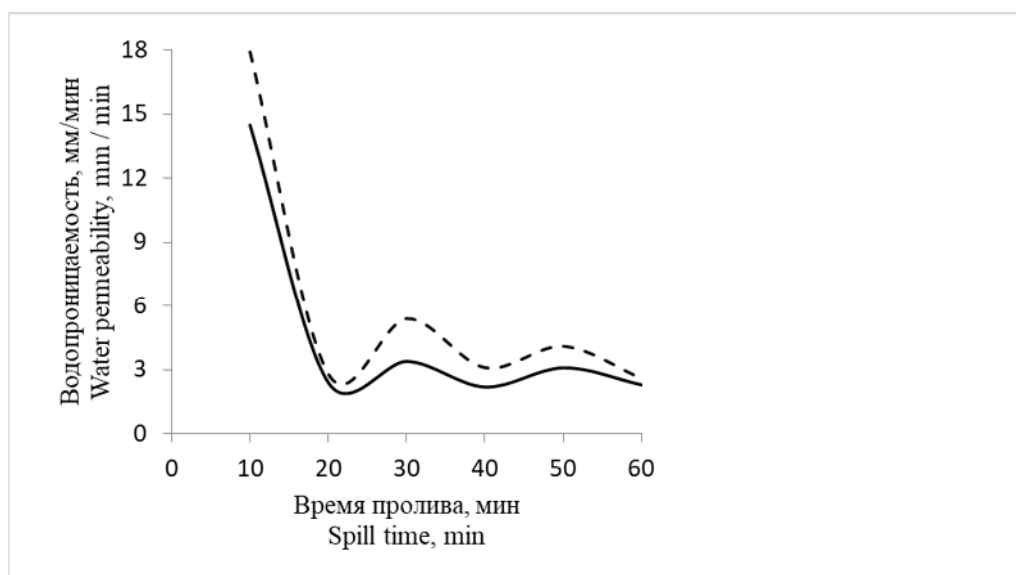
Меньшему средневзвешенному диаметру в осенний и весенний периоды при технологии Strip-till в сравнении с традиционной (на 0,8 и 1,2 мм) соответствует большая плотность почвы (на 0,02 г/см³), следовательно, и капиллярная пористость выше на 7 и 4 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Агрофизические показатели основной обработки почвы в различные периоды вегетации культуры

Table 2 – Agrophysical indicators of the main tillage in different growing season

Система обработки почвы / Tillage system	Осенний период / Autumn period			Весенний период / Spring period		
	Диаметр агрегатов d , мм / Diameter of aggregates d , mm	Плотность P , г/см ³ / Density P , g/cm ³	Пористость, % / Porosity, %	Диаметр агрегатов d , мм / Diameter of aggregates d , mm	Плотность P , г/см ³ / Density P , g/cm ³	Пористость, % / Porosity, %
Принятая / Adopted	5,2	1,07	52	7,6	1,13	43
Strip-till	4,4	1,09	59	6,4	1,15	47

Средняя водопроницаемость в весенний период по технологии Strip-till составила 5,9 мм/мин, а по принятой – 4,1 мм/мин, разница 1,8 мм/мин или 30 %. Более интенсивное впитывание воды по стойке культиватора «Bli-djet» связано с формированием объемных водопоглощающих щелей, создаваемых долотообразной лапой (рисунок 1).



Системы обработки: — принятая; - - - с элементами Strip-till /
Processing systems: — accepted; - - - with Strip-till elements

Рисунок 1 – Водопроницаемость почвы при различных системах обработки почвы

Figure 1 – Soil permeability under various soil cultivation systems

Капиллярная пористость, формируемая почвенными агрегатами, создает определенный объем продуктивной влаги за счет заземленной в порах воды, при этом существует определенное динамическое равновесие влаги, связанное с понятием ВРК, когда влага в большей степени находится в некапиллярных порах в парообразном состоянии при повышении температуры почвенного слоя или конденсируется и удерживается в капиллярных порах при ее понижении. Следовательно, при большем объеме капиллярных пор следует ожидать и большего накопления и сохранения продуктивной влаги.

Относительно благоприятные агроклиматические условия осеннего и весенне-летнего периода 2019 года сформировали большой запас продуктивной влаги при технологии Strip-till: по технологическим срокам соответственно на 8 мм, 13 мм и 5 мм, а жесточайший засушливый период 2020 года привел к значительному иссушению корнеобитаемого слоя почвы при несколько больших ее запасах также при Strip-till: 6 мм, 10 мм и 2 мм соответственно в сравнении с принятой технологией (таблица 3).

Таблица 3 – Влагонакопление в периоды вегетации кукурузы на зерно

Table 3 – Moisture accumulation during the growing season of grain corn

Год / Year	Система обработки почвы / Tillage system	Запас продуктивной влага, мм / Productive moisture reserve, mm		
		осенний период / autumn period	весенний период / spring	цветение / bloom
2019	Принятая / Adopted	100,7	95	11,8
	Strip-till	108,3	118	14,9
2020	Принятая / Adopted	89,4	63,9	6,3
	Strip-till	97	73,8	8,5

Жесткие погодные условия летне-осеннего периода 2019 и 2020 годов с недобором осадков на 20 и 100 мм от нормы послужили причиной довольно низкой урожайности кукурузы на зерно со значимым повышением урожайности по технологии Strip-till в сравнении с принятой на 0,3 т/га в 2019 году и несущественным повышением на 0,09 т/га в 2020 году. Увеличение урожайности кукурузы на зерно в среднем за два года по технологии Strip-till составило 0,20 т/га при меньших производственных затратах на 2350 руб./га и большей рентабельности, равной 97 % (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность и экономические показатели при возделывании кукурузы на зерно

Table 4 – Productivity and economic indicators in the cultivation of corn for grain

Система обработки почвы / Tillage system	Годы / Years		Среднее / Average	Затраты, руб/га / Costs, rub / ha	Рентабельность, % / Profitability, %
	2019	2020			
Принятая / Adopted	3,90	0,45	2,17	23980	64
Strip-till	4,20	0,54	2,37	21630	97
НСР ₀₅ / NSR ₀₅	0,26 т/га / 0,26 t / ha	0,21 т/га / 0,21 t / ha			

Выводы. Исследования по внедрению полосной системы обработки почвы с элементами Strip-till при возделывании кукурузы на зерно показали ее эффективность в сравнении с принятой в южной зоне Ставрополя системой обработки с увеличением урожайности на 0,20 т/га при снижении технологических затратах на 9,8 % и повышении рентабельности на 33 %.

Библиографический список

1. Иванов М. Г. Размерность и подобие. Долгопрудный, 2013. 68 с.
2. Кошелева О. Strip-till в России: опыт Волгоградской области // Ресурсосберегающее земледелие. 2013. № 2 (18). С. 8-11.
3. Кузыченко Ю. А. Минимализация систем обработки почвы под пропашные культуры в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2013. № 1 (107). С. 10-13.
4. Москвичев А. Ю. Зерновая продуктивность кукурузы при совершенствовании основной обработки черноземов Нижнего Поволжья: монография. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. 140 с.
5. Навальцев В. В., Никитин В. В., Соловиченко В. Д. Эффективность способов обработки и уровней удобренности на продуктивность кукурузы на зерно в Центрально-Черноземном регионе // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 1 (43). Часть 3. С. 21-24.
6. Наумкина Л. А. Особенности формирования посева кукурузы на зерно при технологиях No-till и Strip-till в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 2(10). С. 77-80.
7. Наумкина Л. А. Перспективы новых технологий Strip-till и No-till при возделывании кукурузы на зерно в условиях Белгородской области. Вестник Курской ГСХА. 2016. № 3. С. 49-51.
8. Орлов А. И. Использование покровных культур при выращивании сои и кукурузы по технологиям No-Till и Strip-Till // Агроном. 2019. № 4 (66). С. 138-143.
9. Орлов В. В. Strip-till: опыт Самарской области // Н.В. Агро-Тренд. 2011. № 8 (19). С. 8-9.
10. Особенности формирования посева кукурузы на зерно при технологиях No-till и Strip-till в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. М. Хлопяников, А. Н. Крюков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 2 (10). С. 77-80.
11. Перспективы новых технологий Strip-till и No-till при возделывании кукурузы на зерно в условиях Белгородской области / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. Н. Крюков, А. М. Хлопяников // Вестник Курской ГСХА. 2016. № 3. С. 49-51.
12. Скорляков В. И. Показатели качества измельчения и разбрасывания соломы зерноуборочными комбайнами ведущих фирм // Техника и оборудование для села. 2013. С. 30-33.
13. Филин Ф. И., Михин Б. В. Реакция среднеранних гибридов кукурузы на способ обработки южного чернозема и густоту посева в степной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 68-74.
14. Ширяев А. В., Кузнецова Л. Н. Влияние систем обработки почвы на рост и развитие кукурузы на зерно // Вестник Курской ГСХА. 2014. № 9. С. 38-40.
15. Dudenheffer K. J., Nelson K. A. The use of phosphorus enhancers and strip tillage for corn production // Agricultural journal. 2013. No. 2. Pp. 37-46.
16. Strip tillage in the Central Valley of California / J. Mitchell, A. Shresta [et al.] // Department of Agriculture and Natural Resources of the University of California. 2009. No. 8361. P. 1-8.

Conclusions. Studies on the introduction of strip tillage systems with Strip-till elements in the cultivation of corn for grain have shown its effectiveness in comparison with the processing system adopted in the southern zone of the Stavropol Territory with an increase in yield by 0.18 t / ha, with a decrease in technological costs by 10% and an increase profitability by 34%.

Reference

1. Ivanov M. G. Dimension and similarity: Dolgoprudny, 2013. 68 p.
2. Kosheleva O. Strip-till in Russia: the experience of the Volgograd region // Resource-saving agriculture. 2013. No. 2 (18). P. 8-11.
3. Kuzychenko Yu. A. Minimization of soil cultivation systems for row crops in the Stavropol Territory // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 1 (107). P. 10-13.

4. Moskvichev A. Yu. Grain productivity of corn during the improvement of the basic processing of chernozems of the Lower Volga region: monograph. Volgograd: FGBOU VPO Volgograd GAU. 2012. 140 p.
5. Navaltsev V. V., Nikitin V. V., Solovichenko V. D. The effectiveness of processing methods and levels of fertilization on the productivity of grain corn in the Central Black Earth region // International research journal. 2016. No. 1 (43). Part 3. P. 21-24.
6. Naumkina L. A. Features of the formation of sowing corn for grain with No-till and Strip-till technologies in the forest-steppe conditions of the Central Chernozem region // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2016. No. 2 (10). P. 77-80.
7. Naumkina L. A. Prospects for new technologies Strip-till and No-till in the cultivation of corn for grain in the conditions of the Belgorod region // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2016. No. 3. P. 49-51.
8. Orlov A. I. Use of cover crops in growing soybeans and corn using No-Till and Strip-Till technologies // Agronomist. 2019. № 4 (66). P. 138-143.
9. Orlov V. V. Strip-till: experience of the Samara region // N.V. Agro-Trend. 2011. No. 8 (19). P. 8-9.
10. Peculiarities of the formation of corn sowing for grain with No-till and Strip-till technologies in the forest-steppe conditions of the Central Black Earth region / L. A. Naumkina, E. L. Silvanichuk, A. M. Khlopyanikov, A. N. Kryukov // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2016. No. 2 (10). P. 77-80.
11. Prospects for new technologies Strip-till and No-till in the cultivation of corn for grain in the Belgorod region / L. A. Naumkina, E. L. Silvanichuk, A. N. Kryukov, A. M. Khlopyanikov // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2016. No. 3. P. 49-51.
12. Skorlyakov V. I. Quality indicators for chopping and spreading straw by combine harvesters from leading firms. Machinery and equipment for the village. 2013. P. 30-33.
13. Filin F. I., Mikhin B. V. Reaction of mid-early corn hybrids to the method of processing southern chernozem and planting density in the steppe zone of the Lower Volga region // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2014. No. 4 (36). P. 68-74.
14. Shiryayev A. V., Kuznetsova L. N. Influence of tillage systems on the growth and development of corn for grain // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2014. No. 9. P. 38-40.
15. Dudenheffer K. J., Nelson K. A. The use of phosphorus enhancers and strip tillage for corn production // Agricultural journal. 2013. No. 2. Pp. 37-46.
16. Strip tillage in the Central Valley of California / J. Mitchell, A. Shresta [et al.] // Department of Agriculture and Natural Resources of the University of California. 2009. No. 8361. P. 1-8.

Author's Information

Kuzichenko Yuri Alekseevich, chief researcher of the soil processing laboratory of the department of agro-landscape agriculture of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center" (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, 49 Nikonova St.), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Gadzhumarov Rasul Gadzhumarovich, Head of the Laboratory of Agricultural Crop Cultivation Technologies, Federal State Budgetary Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center" (49, Nikonov St., Mikhailovsk, 356241, Russia), Researcher, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: ra-sul_agro@mail.ru

Dzhandarov Arsen Niyazbievich, Researcher, Laboratory of Technologies for Cultivation of Agricultural Crops, Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center" (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, Nikonova St., 49), ORCID 0000-0002-8576-2383, E-mail: arsen-agro@mail.ru

Информация об авторах

Кузыченко Юрий Алексеевич, главный научный сотрудник лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Гаджимаров Расул Гаджимарович, заведующий лабораторией технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: rasul_agro@mail.ru

Джандаров Арсен Ниязбиевич, научный сотрудник лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID 0000-0002-8576-2383, E-mail: arsen-agro@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-08

DEPENDENCE OF CORN GRAIN ON MINERAL FERTILIZERS IN THE CHERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

V.N. Pavlenko¹, S. D. Fomin¹, Y.G. Lavrov², D.A Yushkin¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan region*

Received 08.04.2021

Submitted 28.05.2021

Summary

Since 2016, we have been testing promising varieties and hybrids, zoned in the Volgograd region. These include varieties Bykovchanka, Nadezhda Volgogradskaya, Volgogradskaya, bred by Volgograd scientists, and hybrids ROSS 199 MV, ROSS 140 MV, ROSS 209 MV, Povolzhsky 89 MV.

Abstract

Introduction. Agricultural producers of the Volgograd region since 2010 began to increase the cultivation of corn for grain of various varieties and hybrids of Russian and foreign selection. The Volgograd Region occupies one of the leading places in the cultivation of corn for grain among the regions of the Southern Federal District, both in terms of the volume of products grown and in terms of yield. The selection of locally adapted varieties and hybrids is paramount in order to obtain high corn yields. **Materials and methods.** The research was carried out on the territory of the Peasant Farm «Medvedi» in the Mikhailovsky district of the Volgograd region. The soil cover of the territory is represented by the subtype of southern chernozems. Hydrothermal coefficient in the range of 0.65 ... 0.75. According to the nutritional regime, southern chernozems can be classified as follows: - by hydrolyzable nitrogen, to poorly and moderately supplied; - for exchangeable potassium to medium and high income; - for mobile phosphorus to poorly provided. **Results and conclusions.** The results of our research have shown that corn has a very high nitrogen demand for crops. The daily consumption of nitrogen in the main period of growth reaches about 1.6 kg and about half of the total amount of required nitrogen has been absorbed during the main period of growth and development of corn ties ... There were no sharp differences in the content of available phosphorus for varietal and hybrid crops before planting. After the corn harvest, the potassium content in the soil on unfertilized varieties was removed 2 times as compared with the content of it before sowing, while it was fertilized. For the most recent options, this reduction was 24% on the average for options. Since 2016, we have been testing promising varieties and hybrids, zoned in the Volgograd region. These include varieties Bykovchanka, Nadezhda Volgogradskaya, Volgogradskaya, bred by Volgograd scientists, and hybrids ROSS 199 MV, ROSS 140 MV, ROSS 209 MV, Povolzhsky 89 MV.

Keywords: corn, nitric, varieties and hybrids phosphoric, potash fertilizers, food regime of the soil, arable.

Citation. Pavlenko V.N., Fomin S.D., Lavrov V.G., Yushkin D.A. Dependence of corn grain on mineral fertilizers in the chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 78-87 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-08.

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. No conflicts of interest whatsoever.

УДК 633.15:631.82

**ЗАВИСИМОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ ОТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****В. Н. Павленко**¹, доктор сельскохозяйственных наук**С. Д. Фомин**¹, доктор технических наук**В. Г. Лавров**², младший научный сотрудник**Д. А. Юшкин**¹, аспирант¹Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия²Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, п. Соленое Займище, Россия

Дата поступления в редакцию 08.04.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Введение. Сельхозтоваропроизводители Волгоградской области начиная с 2010 годов стали увеличивать выращивание кукурузы на зерно различных сортов и гибридов российской и иностранной селекции. Волгоградская область занимает одно из лидирующих мест по возделыванию кукурузы на зерно среди регионов Южного Федерального округа как по объему выращиваемой продукции, так и по урожайности. Выбор адаптированных к данной местности сортов и гибридов является первостепенной задачей для получения высоких урожаев кукурузы. **Материалы и методы.** Исследования проводили на территории крестьянско-фермерского хозяйства «Медведи» Михайловского района Волгоградской области. Почвенный покров территории представлен подтипом южных черноземов. Гидротермический коэффициент – в пределах 0,65...0,75. По питательному режиму черноземы южные можно отнести: по гидролизруемому азоту – к слабо- и среднеобеспеченным; по обменному калию – к средне- и высокообеспеченным; по подвижному фосфору – к слабо обеспеченным. **Результаты и выводы.** Результаты наших исследований показали, что кукуруза – культура очень требовательная к азоту. Ежедневное потребление азота в основной период роста достигает около 1,6 кг, и около половины общего количества требуемого азота было поглощено в течение основного периода роста и развития кукурузы. Резких различий в содержании доступного фосфора по сортовым и гибридным посевам перед посевом не отмечено. После уборки кукурузы содержание калия в почве на удобренных вариантах снизилось в 2 раза по сравнению с содержанием его перед посевом, в то время как на удобренных вариантах это снижение составило 24 % в среднем по вариантам. С 2016 года нами проводятся испытания перспективных сортов и гибридов, районированных в Волгоградской области. К ним относятся сорта Быковчанка, Надежда волгоградская, Волгоградская, выведенные волгоградскими учеными, и гибриды РОСС 199 МВ, РОСС 140 МВ, РОСС 209 МВ, Поволжский 89 МВ.

Ключевые слова: сорта кукурузы, гибриды кукурузы, азотные удобрения, фосфорные удобрения, калийные удобрения, пищевой режим почвы, пахотный горизонт, подпахотный горизонт.

Цитирование. Павленко В. Н., Фомин С. Д., Лавров В. Г., Юшкин Д. А. Зависимость зерна кукурузы от минеральных удобрений на черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 78-87. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-08.

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. Конфликт интересов отсутствует.

Введение. При возделывании кукурузы на зерно, в частности на южных черноземах Волгоградской области, в условиях орошения лимитирующим фактором может быть содержание питательных веществ в почве [4, 5, 8-10]. Об этом свидетельствует высокая отзывчивость кукурузы на внесенные минеральных удобрений [1, 6, 7]. Важно отметить, что с 2016 года в состав изучаемых сортов и гибридов вошли только перспективные, отечественной селекции, районированные в Волгоградской области, дающие гарантированные урожаи на уровне 70 ...100 т/га [1-3].

Материалы и методы. Исследования проводили на территории крестьянско-фермерского хозяйства «Медведи» Михайловского района Волгоградской области. КФХ «Медведи» расположено в 25 км от г. Михайловки и в 225 км от г. Волгограда. Ближайшая железнодорожная станция находится в 25 км. Почвенный покров территории представлен подтипом южных черноземов. В качестве почвообразующих пород для них служат покровные глины и тяжелые суглинки, карбонатные, часто лессовидные; по долинам рек – аллювиальные современные отложения легкого механического состава. Южные черноземы представлены средне- и маломощными разновидностями различной степени солонцеватости и смывости. Верхняя часть широких склонов межбалочных водоразделов представлена среднемощными, а их склоны – маломощными южными черноземами тяжелого гранулометрического состава, причем преимущество по распространенности за южными маломощными черноземами. Гидротермический коэффициент – в пределах 0,65...0,75. По питательному режиму черноземы южные можно отнести: по гидролизруемому азоту – к слабо- и среднеобеспеченным; по обменному калию – к средне- и высокообеспеченным; по подвижному фосфору – к слабообеспеченным. Количество осадков за теплый период – 200...215 мм. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 370...430 мм. На зимний период (ноябрь-март) приходится 36,6 % осадков. Средняя температура января – 9...10 °С. Средняя температура воздуха в июле – +22,4 °С. Продолжительность безморозного периода – 164 суток. Сумма положительных температур (выше +10°) – 2800...3000 °С.

Результаты и обсуждение. В формировании урожая зерна важная роль принадлежит азотным удобрениям. По данным многих ученых, нитраты почвой не поглощаются и при наличии достаточного увлажнения почвы концентрируются в почвенном растворе, из которого они легко усваиваются растениями.

Однако при излишнем увлажнении нитраты могут вымываться из верхнего корнеобитаемого горизонта в более глубокие горизонты и даже в грунтовые воды. Помимо нитратного азота возможны потери и аммиачного азота, который при поверхностном внесении может улетучиваться в атмосферу в виде аммиака или подвергаться биологической денитрификации. Поэтому для компенсации потерь азота и оптимизации пищевого режима необходимо внесение минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений в наших опытах должно было изменить динамику пищевого режима почвы и тем самым улучшить условия роста и развития растений кукурузы. Анализ содержания азота после внесения удобрений в пахотном (0,0...0,3 м) и подпахотном горизонтах (0,3...0,5 м) показал (таблица 1), в частности по нитратному азоту, что накопление азота в почве наблюдается в конце весны, к началу лета, когда устанавливается положительная температура в почве и имеется в наличии влага. Так, нитратный азот в пахотном горизонте перед посевом кукурузы на неудобренных вариантах по сортам и гибридам колебался в пределах 5,0...5,4 мг на 100 г почвы. В то же время на удобренных вариантах содержание нитратного азота перед посевами было в пределах 6,70...8,00 мг на 100 г почвы, то есть в 1,3...1,5 раза больше.

Существенных или резких различий в количественном содержании нитратного азота между сортовыми и гибридными посевами не наблюдалось.

В наших опытах фосфорные удобрения вносились под предпосевную культивацию в дозе 107 и 150 кг действующего вещества. На удобренных вариантах содержание фосфора сохранилось в 2,0...2,5 раза. К концу вегетации кукурузы содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте (0,0...0,3 м) на неудобренных вариантах было низкое (чуть больше 2 мг на 100 г почвы). На удобренных вариантах содержание фосфора оставалось высоким – 4,0...4,2 мг на 100 г почвы при дозе внесенного фосфора 107 кг/га и 4,3...5,8 мг на 100 г почвы при дозе 150 кг/га.

Таблица 1 – Динамика нитратного азота в почве на посевах кукурузы

Table 1 – Dinamic nitrogen in the soil on crops of maize knots

Дата отбора образца почвы Фаза развития растения / Date of sampling of soil sample Development phase	Нитратный азот, мг на 100 г почвы / Nitrate nitrogen, mg per 100 g of soil					
	Горизонт 0...0,3 м/ Horizon 0 ... 0.3 m			Горизонт 0,3...0,5м/ Horizon 0.3 ... 0.5 m		
	Варианты опыта/Variation of experience					
	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀
Режим орошения 60-70-60% НВ / Operating mode 60-70-60% lowest moisture capacity						
Надежда волгоградская / Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,30	6,70	7,69	3,00	3,68	4,70
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,10	5,40	6,12	1,60	2,43	3,53
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,80	3,70	4,90	1,16	1,85	2,44
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,40	6,80	7,80	3,20	3,60	4,65
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,05	5,57	6,20	1,57	2,40	3,60
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,73	3,70	4,10	1,10	1,70	2,38
РОСС-209 МВ/ ROSS-209 MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,21	6,65	7,70	3,15	3,60	4,75
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,00	5,38	6,10	1,80	2,37	3,50
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,75	3,60	4,20	1,20	1,80	2,40
Поволжский 89МВ/ Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,17	6,75	7,81	3,00	3,80	4,60
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,12	5,23	6,18	1,70	2,42	3,48
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,80	3,80	4,15	1,18	1,72	2,35
Режим орошения 70-80-70% НВ/Operation mode 70-80-70% lowest moisture capacity						
Надежда волгоградская/ Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,00	6,68	8,00	3,15	3,70	5,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,00	5,45	6,50	2,00	2,60	3,70
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,80	3,80	4,40	1,60	2,00	2,51
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,03	6,7	7,93	3,10	3,63	4,70
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,15	5,30	6,60	1,90	2,41	3,53
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,87	3,40	4,30	1,14	1,85	2,35
РОСС-209МВ/ROSS-209MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,30	6,80	7,85	3,23	3,63	4,70
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,17	5,53	6,25	1,87	2,40	3,45
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,80	3,66	4,27	1,30	1,82	2,30
Поволжский 89 МВ/Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,20	6,81	7,90	3,10	3,83	4,40
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,18	5,33	6,25	1,75	2,50	3,90
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,80	3,70	4,20	1,20	1,75	2,30

Таблица 2 – Динамика подвижного фосфора (P_2O_5) в почве
на посевах кукурузы, мг на 100 г почвы

Table 2 – Dinamic of mobile phosphorus (P_2O_5) in soil on crops of kukur uza, mg per 100 g of soil

Дата отбора образца почвы Фаза развития растения / Date of sampling of soil sample Development phase	Нитратный азот, мг на 100 г почвы / Nitrate nitrogen, mg per 100 g of soil					
	Горизонт 0...0,3 м/ Horizon 0 ... 0.3 m			Горизонт 0,3...0,5м/ Horizon 0.3 ... 0.5 m		
	Варианты опыта / Variation of experience					
	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀
Режим орошения 60-70-60% НВ / Operating mode 60-70-60% lowest moisture capacity						
Надежда волгоградская / Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,60	7,50	8,60	2,50	4,10	5,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,10	5,80	6,70	1,60	3,00	3,40
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,20	4,20	5,40	1,20	2,00	2,80
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,62	6,97	8,30	2,70	4,35	4,90
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,12	5,70	6,60	2,00	3,16	3,35
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,15	4,00	5,32	2,10	2,30	2,40
РОСС-209МВ/ROSS-209 MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,78	7,77	8,80	2,60	4,35	5,16
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,70	5,80	6,50	1,75	3,01	3,20
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	1,98	4,15	4,30	1,10	2,16	2,60
Поволжский 89 МВ/ Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,48	7,36	7,81	2,49	4,27	4,95
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,05	5,58	6,80	2,10	3,15	3,29
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,09	4,00	5,00	1,73	2,20	2,45
Режим орошения 70-80-70% НВ						
Надежда волгоградская / Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,60	7,60	9,00	2,60	4,30	4,80
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,25	6,00	7,10	2,00	3,10	3,20
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,30	4,50	5,80	1,60	2,15	2,60
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,70	7,10	8,40	2,90	4,40	5,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,15	5,90	6,65	2,20	3,20	3,50
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,14	4,00	5,40	2,10	2,40	2,50
РОСС-209 МВ/ROSS-209 MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,85	8,00	9,00	2,67	4,50	5,30
25 июня цветение/ June 25 bloom	3,80	6,00	6,85	2,00	3,12	3,10
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,00	4,20	5,15	1,30	2,18	2,40
Поволжский 89 МВ/ Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	5,60	7,45	8,00	2,60	4,30	5,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	4,15	5,80	6,93	2,23	3,30	3,40
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	2,12	4,15	5,17	1,87	2,15	2,50

Данные, представленные в таблице 2, показывают, что содержание подвижного фосфора даже на удобренных вариантах перед посевом высокое – более 5 мг на 100 г почвы.

На удобренном варианте с дозой внесения фосфора 107 кг д.в. на 1 га содержание P_{2O5} в пахотном горизонте – в пределах 7,1...8,0 мг на 100 г почвы. На варианте с дозой внесения фосфора 150 кг/га содержание P_{2O5} колеблется от 7,81 до 9 мг на 100 г почвы по всем сортам и гибридам. Содержание подвижного фосфора и подпахотном горизонте перед посевом – от среднего до высокого соответственно на удобренных и удобренных вариантах. Резких различий в содержании доступного фосфора по сортовым и гибридным посевам перед посевом не отмечено: видимо, внесение фосфорных удобрений снивелировало его содержание под сортовыми и гибридными посевами.

Значение калия для роста и развития растений, и в частности кукурузы, трудно переоценить. Многочисленные исследования показывают, что калий тесно связан с образованием сахаров, крахмала, целлюлозы и белков в растениях. Калий влияет на активность дыхания растений, способствует защите растений от потерь влаги, предохраняет растения от действия низких температур.

С момента прорастания семян кукурузы до образования и созревания новых семян калий необходим растениям в большом количестве. Недостаток калия в почве сказывается на скорости прорастания семян и роста молодых растений, рост которых замедляется.

Таблица 3 – Динамика обменного калия на посевах кукурузы, мг на 100 г почвы

Table 3 – Dynamic exchange of potassium on corn crops, mg per 100 g of soil

Дата отбора образца почвы Фаза развития растения / Date of sampling of soil sample Development phase	Горизонт 0...0,3 м/ Horizon 0 ... 0.3 m			Горизонт 0,3...0,5м/ Horizon 0.3 ... 0.5 m		
	Варианты опыта/ Experience options					
	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀	б/у without fertilizers	N ₁₄₀ P ₁₀₇ K ₉₇	N ₂₀₀ P ₁₅₀ K ₁₄₀
1	2	3	4	5	6	7
Режим орошения 60-70-60% НВ /Operating mode 60-70-60% lowest moisture capacity						
Надежда волгоградская/ Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	52,20	56,10	63,20	41,20	46,10	55,30
25 июня цветение/ June 25 bloom	38,00	50,00	60,10	33,10	40,00	50,70
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	28,0	41,00	50,50	30,40	38,60	42,60
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	53,10	55,60	64,00	42,00	47,12	56,10
25 июня цветение/ June 25 bloom	39,00	49,80	62,00	31,00	43,00	51,00
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	27,70	40,00	50,30	29,80	39,50	45,00
РОСС-209 МВ/ ROSS-209 MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	53,00	57,00	65,00	40,10	45,80	54,80
25 июня цветение/ June 25 bloom	38,00	53,00	61,00	31,50	41,00	50,60
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	26,00	44,00	52,30	30,00	38,80	43,00

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Поволжский 89 MB/ Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	52,70	56,40	63,20	41,60	46,00	55,12
25 июня цветение/ June 25 bloom	39,00	50,10	60,40	31,80	40,60	50,30
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	27,10	41,00	51,70	29,70	37,90	44,00
Режим орошения 70-80-70 % НВ /Operating mode 70-80-70% lowest moisture capacity						
Надежда волгоградская/ Nadezhda volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	54,00	57,00	65,10	42,00	47,15	56,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	39,10	51,00	60,80	34,00	41,00	52,00
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	29,00	43,00	51,20	31,00	39,00	43,00
Волгоградская/ Volgogradskaya						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	53,80	57,20	66,00	43,10	46,15	58,00
25 июня цветение/ June 25 bloom	40,00	51,00	61,70	35,17	42,00	50,00
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	28,10	42,15	53,00	30,40	38,90	42,00
РОСС-209 MB/ ROSS-209 MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	54,00	56,60	64,70	44,00	47,30	57,17
25 июня цветение/ June 25 bloom	41,00	50,00	60,20	36,10	43,00	49,80
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	28,70	41,30	54,00	31,00	39,00	41,00
Поволжский 89 MB/ Povolzhsky 89MV						
5 мая-перед посевом/May 5 - before sowing	55,00	57,00	63,70	43,00	48,15	56,60
25 июня цветение/ June 25 bloom	43,12	52,00	60,00	34,80	44,00	47,70
10 сентября после уборки/ September 10th after harvest	29,10	41,00	51,00	30,60	38,60	40,30

При недостатке калия растения приобретают желтовато-зеленую окраску, переходящую в темную. Листья желтеют, а их края кажутся обожженными, рост междоузлий у растений кукурузы приостанавливается. Если такие ослабленные растения образуют початки, то они не имеют пищевой ценности. Также при недостатке калия снижается отток продуктов фотосинтеза к корням и растения теряют устойчивость к полеганию. В наших опытах (таблица 3) количество обменного калия во время всей вегетации растений было достаточным. Содержание калия на удобренных и удобренных вариантах опыта различалось незначительно перед посевом, (52,2 и 63,2 мг на 100 г почвы соответственно вариантам).

По мере роста растений и потребления калия (фаза цветения) содержание калия на удобренных вариантах превышало содержание его на контроле на 31 % при дозе внесенного калия 97 кг/га д. вещества и на 55...60 % при дозе 140 кг/га внесенного с удобрением калия. Результаты наблюдений за динамикой обменного калия показали, что изменения в содержании подвижной формы калия на удобренных и удобренных вариантах подчинены некоей тенденции постоянства в определенные фазы роста и развития кукурузы.

Выводы. Результаты наших исследований показали, что кукуруза очень требовательна к азоту. Ежедневное потребление азота в основной период роста достигает около 1,6 кг, и около половины общего количества требуемого азота было поглощено в

течение основного периода роста и развития кукурузы. Резких различий в содержании доступного фосфора по сортам и гибридным посевам перед посевом не отмечено. После уборки кукурузы содержание калия в почве на неудобренных вариантах снизилось в 2 раза по сравнению с содержанием его перед посевом, в то время как на удобренных вариантах это снижение составило 24 % в среднем по вариантам.

В динамике питательных веществ под посевами кукурузы наблюдается следующая закономерность: содержание нитратов в почве увеличивается до фазы цветения кукурузы, затем идет снижение в силу их расхода при цветении и наливе. Для внедрения в производство вышеизложенных результатов товаропроизводитель должен выбрать модель выращивания зерна кукурузы с учетом финансовых возможностей, обеспечивающих оптимальные условия, при которых необходимо соотносить свои возможности с условиями потребности рынка.

Библиографический список

1. Павленко В. Н., Юшкин Д. А. Влияние смешанных посевов кукурузы на увеличение производства кормов и зерен // Материалы II Межд. н-прак. интерн. конф. ФГБНУ ПНИИАЗ, 2017. С. 510-513.
2. Юшкин Д. А., Павленко В. Н. Зависимость урожая кукурузы от основной обработки почвы // Вестник сельх. науки. 2018. № 4. С. 47-48.
3. Юшкин Д. А., Павленко В. Н. Суммарное водопотребление кукурузы в межфазные периоды роста и развития растений // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 10 (100). С. 117-122.
4. Adaev N. L., Amaeva A. G., Khamzatova M. K. Intensification of corn fertilizer system under irrigation conditions in the chechen republic // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 624 (1). www.scopus.com
5. Agrochemical objectivation of corn root residues accumulation using different methods of soil treatment and fertilizer doses / S. D. Litsukov [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 677 (5). www.scopus.com
6. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern brazil / G. L. Mumbach [et al.] // Agronomy Journal. 2020. V. 112 (4). P. 3037-3049.
7. Effects of maize-soybean intercropping and nitrogen fertilizer on yield and / X. Wang [et al.] // Shengtai Xuebao. Acta Ecologica Sinica. 2014. V. 34 (18). P. 5275-5282.
8. Impact of the application of commercial and farm-made fermented liquid organic amendments on corn yield and soil quality / J. Urra [et al.] // Applied Soil Ecology. 2020. V. 153.
9. Nitrogen availability and physiological response of corn after 12 Years with organic and mineral fertilization / C. Marchezan [et al.] // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2020. V. 20 (3). P. 979-989.
10. The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the south of Ukraine / R. A. Vozhehova [et al.] // Biosystems Diversity. 2019. V. 27(2). P. 125-130.

Conclusion. The results of our research have shown that corn has a very high nitrogen demand for crops. The daily consumption of nitrogen in the main period of growth reaches about 1.6 kg and that about half of the total amount of required nitrogen was absorbed during the main period of growth and development kukur ties. There were no sharp differences in the content of available phosphorus for varietal and hybrid crops before planting. After the corn harvest, the potassium content in the soil on unfertilized varieties was removed 2 times as compared with the content of it before sowing, while it was fertilized. For the most recent options, this reduction was 24% on the average for options.

In the dynamics of nutrients under corn crops, the following regularity law is observed: the content of nitrates in the soil increases to the phase of flowering of corn, then it is removed due to their consumption during flowering and Alive. To implement the above

results into production, the product manufacturer must choose a model for growing corn grain, taking into account the financial capabilities that provide optimal conditions, and which must take into account their capabilities. market requirements.

References

1. Pavlenko V. N., Yushkin D. A. The effect of mixed crops of corn on the increase in the production of forages and grains // *Mat. II Int. Sci. conf. FGBNU PNIIAZ*, p. Salty loan, Astrah. region, 2017. P. 510-513.
2. Yushkin D. A., Pavlenko V. N. Dependence of the yield of corn on the basic tillage // *Vestnik selkh. Science*. 2018. No. 4. P. 47-48.
3. Yushkin D. A., Pavlenko V. N. Total water consumption of corn in the interphase periods of growth and development of plants // *International scientific research journal*. 2020. No. 10 (100). 2020, P. 117-122.
4. Adaev N. L., Amaeva A. G., Khamzatova M. K. Intensification of corn fertilizer system under irrigation conditions in the chechen republic // *Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 624 (1). www.scopus.com
5. Agrochemical objectivation of corn root residues accumulation using different methods of soil treatment and fertilizer doses / S. D. Litsukov [et al.] // *Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 677 (5). www.scopus.com
6. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern brazil / G. L. Mumbach [et al.] // *Agronomy Journal*. 2020. V. 112 (4). P. 3037-3049.
7. Effects of maize-soybean intercropping and nitrogen fertilizer on yield and / X. Wang [et al.] // *Shengtai Xuebao. Acta Ecologica Sinica*. 2014. V. 34 (18). P. 5275-5282.
8. Impact of the application of commercial and farm-made fermented liquid organic amendments on corn yield and soil quality / J. Urra [et al.] // *Applied Soil Ecology*. 2020. V. 153.
9. Nitrogen availability and physiological response of corn after 12 Years with organic and mineral fertilization / C. Marchezan [et al.] // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. V. 20 (3). P. 979-989.
10. The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the south of Ukraine / R. A. Vozhehova [et al.] // *Biosystems Diversity*. 2019. V. 27(2). P. 125-130.

Author's Information

Pavlenko Vladimir N., professor of the department "technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Foundation "Volgogradskiy State Agrarian University", Doctor of Agricultural Sciences (400002, Volgograd, Universitetsky prospect 26)

Fomin Sergey Denisovich, Professor of the Department of Mechanics, Doctor of Technical Sciences Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgogradsky State Agricultural University sitet", (400002, Volgograd, Un Iversitetsky prospect 26)

Lavrov Vladimir Gennadievich, Junior Research Fellow, FGBN U "Pro-Caspian Agrarian Federal Scientific Center" Russian Academy of Sciences, (Astrakhan Region, Chernoyarsky District, with . Salty Loan)

Yushkin Denis Aleksandrovich, postgraduate student of the department "Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering, Federal State Budgetary Educational Institution Higher Education "Volgogradsky State Agrarian University", (400002, Volgograd, Universitetsky prospect 26)

Информация об авторах

Павленко Владимир Николаевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», доктор сельскохозяйственных наук (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26). vladimirpavlenko1952@yandex.ru txpsxsiop@bk.ru

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26).

Лавров Владимир Геннадьевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр» РАН (Астраханская область, Чернышевский район, с. Соленое Займище).

Юшкин Денис Александрович, аспирант кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-09

CREATION OF A HIGHLY PRODUCTIVE VARIETY OF SOYBEAN BY CLASSICAL BREEDING METHODS

V.V. Tolokonnikov¹, T.S. Koshkarova², G.O. Chamurliiev³,
S.V. Ileneva⁴, K.V. Naboychenko⁴

¹*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

²*Federal Scientific Center «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi», Krasnodar*

³*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

⁴*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University», Volgograd*

Received 20.02.2021

Submitted 28.05.2021

Abstract

Introduction. The growth in world production of soybeans is accompanied by an increase in breeding and seed production. In the Russian Federation, the intensification of the soybean production industry is constrained by the contrast in the manifestation of meteorological conditions and the need to introduce early ripening varieties of this crop. The development of early varieties for such promising regions of the union as the Lower Volga and North Caucasian regions is a very relevant direction based on the use of local experimental starting material at the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Federal Scientific Center «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi» and Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University». **Object.** Highly productive soybean variety. **Materials and methods.** Methods of classical breeding (hybridization and selection) from long-term - 2014–2020. An early ripening variety of soybeans was created and registered by the development of hybrid and varietal-linear material (in the State Register since 2020, patent of the Russian Federation No. 11288 dated 20.10.2020). Competitive and ecological-geographical variety testing showed that the new variety under irrigation conditions provides a harvest of 3.15 t / ha for 108 days of growing season with a content of 39.1% crude protein in seeds and is well suited for mechanized harvesting due to the high attachment of the lower beans on the plant (0.17 m) and lodging resistance of medium-sized (0.17 m) plants, which has an advantage over the standard. The high drought tolerance of the variety is confirmed by the data of the Elansky State Variety Testing Site of the Volgograd Region for 2018, where the registered variety gave 1.55 t / ha of grain in crops without irrigation, the standard is 1.4 t / ha. In the same year, in the Voronezh region, the new variety provided 1.56–1.78 t / ha at the Bobruisk and Yaryshevsky State Variety Testing Site, exceeding the standard variety Lantsentnaya by 0.41–0.63 t / ha. Moving to the north (53–54 ° C) of the Tambov State Variety Testing Station formed 1.85 t / ha of grain, keeping the rate of early maturity up to 105 days.

Results and conclusions. Thus, the growth of the sowing of the new variety will increase the yield and the intensification of import substitution of this crop.

Key words: *soybeans, Volgogradka 2, soybean varieties, soybean yield, soybean germination energy, irrigation, breeding, hybridization and selection.*

Citation. Tolokonnikov V.V., Koshkarova T.S., Chamurliiev G.O., Ileneva S.V., Naboychenko K.V. Creation of a highly productive soybean variety Volgogradka 2. . *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 87-93 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-09.

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 conflicts of interest.

УДК 633.34:631.526.32

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО СОРТА СОИ КЛАССИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ СЕЛЕКЦИИ

В. В. Толоконников¹, доктор сельскохозяйственных наук
Т. С. Кошкарлова², кандидат сельскохозяйственных наук
Г. О. Чамурлиев³, кандидат сельскохозяйственных наук
С. В. Иленева⁴, кандидат технических наук, доцент
К. В. Набойченко⁴, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Россия

²Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта, г. Краснодар, Россия

³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

⁴Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 20.02.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. Рост мирового производства сои сопровождается интенсификацией селекции и семеноводства. В Российской Федерации интенсификация отрасли соевого производства сдерживается контрастностью проявления метеоусловий и необходимости внедрения скороспелых сортов этой культуры. Выведение ранних сортов для таких перспективных регионов соевосаждения, как Нижнее Поволжье и Северо-Кавказский федеральный округ, является весьма актуальным направлением на основе использования местного экспериментального исходного материала в ФГБНУ ВНИИОЗ, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК и Волгоградском ГАУ. **Объект.** Высокопродуктивный сорт сои. **Материалы и методы.** Методами классической селекции (гибридизация и отбор) с многолетней – 2014–2020 гг. – проработкой гибридного и сортолинейного материала создан и зарегистрирован скороспелый сорт сои (в Госреестре с 2020 года, патент РФ №11288 от 20.10.2020 года). Конкурсное и эколого-географическое сортоиспытания показали, что новый сорт в условиях орошения обеспечивает сбор 3,15 т/га за 108 дней вегетации с содержанием в семенах 39,1 % сырого протеина и хорошо пригоден к механизированной уборке за счёт высокого прикрепления нижних бобов на растении (0,17 м) и устойчивости к полеганию среднерослых (0,17 м) растений, что имеет преимущество перед стандартом. Высокая засухоустойчивость сорта подтверждается данными Еланского ГСУ Волгоградской области за 2018 год, где зарегистрированный сорт дал 1,55 т/га зерна в посевах без орошения, стандарт – 1,4 т/га. В том же году в Воронежской области новый сорт обеспечил получение 1,56–1,78 т/га на Бобруйском и Ярышевском ГСУ, превысив стандартный сорт Ланцентная на 0,41–0,63 т/га. При продвижении на север (53–54° с.ш.) Тамбовской ГСИС сформировал 1,85 т/га зерна, сохранив показатель скороспелости до 105 дней. **Результаты и выводы.** Таким образом, рост посевов нового сорта позволит повысить урожайность и интенсификацию импортозамещения этой культуры.

Ключевые слова: *соя, сорта сои, урожайность сои, энергия прорастания сои, орошение сои, селекция сои.*

Цитирование. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Иленева С. В., Набойченко К. В. Создание высокопродуктивного сорта сои классическими методами селекции. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 87-93. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-09.

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. Ценнейшая белково-масличная культура соя занимает в посевах мирового земледелия 122 млн га и обеспечивает урожайность 2,8 т/га [1, 4, 8]. В Российской Федерации эти показатели более скромные, соответственно 2,8 млн т и 1,57 т/га [5]. Это связано с особенностями местного засушливого климата, который отрицательно влияет на эту культуру, а также с невысокой интенсивностью создания и внедрения в производство скороспелых сортов отечественной селекции не менее, кстати, адаптированных, чем зарубежные аналоги, к специфике природных условий, где размещены основные зоны отечественного соевого производства.

Аналитическая и синтетическая селекционные технологии селекции достаточно широко используются при выведении сортов сои, так как они недорогие и надёжные в практической работе [7]. Опираясь на значительный формообразовательный процесс, присущий этой уникальной культуре [2, 11], волгоградские селекционеры применяют различные методы подбора пар для гибридизации, скрещивания и отбора ценных генотипов [6, 9]. В результате поэтапно-многолетней совместной селекции в ФГБНУ ВНИИОЗ и Волгоградском ГАУ выведен и зарегистрирован скороспелый сорт сои Волгоградка 2 (в Госреестре по Нижневолжскому региону с 2020 года, патент РФ 11288 от 20.10.2020 года) [3].

Целью научно-исследовательской работы являлось выведение скороспелого сорта сои с улучшенными показателями зерновой продуктивности, пригодности к механизированной уборке, содержанию белка в семенах и сбора его с 1 га по сравнению со стандартным сортом ВНИИОЗ 76.

Материалы и методы. Применяли общепринятую структуру селекционного процесса сои [3, 9]. Исходный материал прорабатывался с 2004 года в питомниках в соответствии с их иерархией по годам и по поколениям популяции в ФГБНУ ВНИИОЗ и Волгоградском ГАУ. Индивидуальный, массовый и популяционный отбор из гибридных популяций от искусственного получения и использования направленного кроссбридинга дивергентно подобранных родительских форм по альтернативным признакам окраски и покотила семени и венчика цветка (материнские – белоцветковые растения). Оценку и выделение гомозиготных перспективных родоначальных новому сорту образцов линий осуществляли с F3–F6 поколений, сортоиспытание – в период 2013–2016 гг. Эколого-географические сортоиспытания проводили в 2018–2020 гг.

Результаты и обсуждение. Сорт Волгоградка 2 характеризуется ранними сроками начала цветения растений и полного созревания. Его отличает детерминантный тип развития растений, их средняя высота, что очень важно для использования в посевах с орошением и противостояния полеганию. Благодаря развитию мощной, глубоко проникающей в почву корневой системы, утолщенному и хорошо ветвящемуся стеблю сорт пригоден для возделывания в неорошаемом земледелии. Обладает комплексом положительных хозяйственно-ценных признаков и свойств и, что наиболее важно, сочетает скороспелость с высокой семенной продуктивностью, особенно в условиях орошения (таблица 1), способствующего увеличению продолжительности вегетационного периода по сравнению с возделыванием без орошения.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика сорта сои Волгоградка 2 в условиях орошения (средние данные за 2018-2020 гг.)

Table 1 – Comparative characteristics of the Volgogradka 2 soybean variety under irrigation conditions (average data for 2018-2020)

Показатель / Indicator	Волгоградка 2 / Volgogradka 2	ВНИИОЗ 76, стандарт / VNIIOZ 76, standard	Отклонение от стандарта / Deviation from the standard	
			абсолютный по- казатель/ absolute indicator	%
Урожайность, т/га (НСР05-02 т/га) / Productivity, t / ha	3,15	2,92	0,23	7,9
Вегетационный период, дней / Vegeta- tion period, days	108	113	-5	-4,4
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	173,8	142	31,8	22,4
Высота растений, м / Plant height, m	0,71	0,8	-0,09	-11,3
Высота прикрепления нижнего боба, м/ Lower bob attachment height, m	0,17	0,15	0,02	13,3
Содержание в семенах, %: / Content in seeds, %:				
Сырого протеина / Crude protein	39,1	37	2,1	5,7
Жира / Fat	18,7	19,5	-0,8	-4,1
Сырой протеин + жир / Crude protein + fat	57,8	56,5	1,3	2,3
Сбор с 1 га, т: / Harvest per hectare, t:				
Сырого протеина / Crude protein	1,06	0,93	0,13	14
Жира / Fat	0,51	0,49	0,02	4,1
Сырой протеин + жир / Crude protein + fat	1,57	1,42	0,15	10,6

Новый сорт обеспечивает получение 3,15 т/га зерна, в то время как стандарт – 2,92 т/га, превышая его на 0,23 т/га, или 7,9 %. Растения сорта Волгоградка 2 готовы к уборке в I–II декаде сентября с влажностью зерна 13–14 %, поэтому в технологии возделывания данного сорта десикация посевов может не применяться, за исключением лет с дождливым осенним периодом.

За счет формирования более крупных по размеру семян обладает существенными компенсационными возможностями сохранения биологического урожая в годы с сильным проявлением засушливых условий и атмосферной засухи, провоцирующей опадение генеративных органов у этой культуры, даже в условиях орошения. Расположение нижних бобов на высоком уровне от поверхности почвы (0,17 м) более значительно снижает риск уборочных потерь, чем у растений стандартного сорта.

Использование сои непосредственно в пищевых целях распространено незначительно – 10-15 % от мирового её производства [10]. Высокое содержание белка у сорта Волгоградка 2 и его сбор с 1 га является основанием для использования такого зерна непосредственно в пищевых целях.

Сорт Волгоградка 2 характеризуется высокой экологической пластичностью. В МТС «Ершовское» Саратовской области при орошении сформировал 4,36 т/га зерна в 2019 году.

Новый сорт засухоустойчив при возделывании без орошения. На Еланском ГСУ Волгоградской области в среднем за 2018–2019 годы дал 1,55 т/га, в то время как стандартный сорт ВНИИОЗ 86 – 1,4 т/га. В целях распространения Бобровского ГСУ Вол-

гоградской области в 2018 году обеспечил получение 1,78 т/га, превысив стандартный сорт на 0,63 т/га. В посевах Ярышевского ГСУ этой же Волгоградской области дал 1,56 т/га, превзойдя стандарт на 0,41 т/га.

Сорт Волгоградка 2 сохраняет скороспелость и обеспечивает высокий сбор урожая при продвижении его посевов в более северные широты (53–54 0С.Ш) относительно Волгоградской области (49–51 с.ш.). На Тамбовском ГСИС в 2018 году сформировал 1,85 т/га зерна за 105 дней вегетативного периода, превысив стандарт на 0,49 т/га.

Выводы. В результате многолетней селекционной работы с применением классических методов создания и проработки исходного материала выведен новый скороспелый, высокопродуктивный, технологичный, высокобелковый сорт сои относительно стандартного сорта. Зарегистрированный сорт отвечает основным современным требованиям сельскохозяйственного производства. Его возделывание даст возможность повысить рентабельность этой культуры в нашей стране на орошаемых, неорошаемых землях и при размещении посевов этого сорта в более северных широтах.

Библиографический список

1. Адаптивные, высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиорированных агроландшафтах южной и центральной России / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Т. С. Кошкарлова, И. В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 166-170.
2. Бурляева М. О., Ростова Н. С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и характером ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 78-86.
3. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Т. 1 «Сорта растений» (официальное издание). М: ФГБНУ «Росинформтек», 2020. 680 с.
4. Засухоустойчивый сорт сои Волгоградка 1 / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, С. В. Иленева, Г. П. Канцер // Масличные культуры. 2020. Вып. 4 (184). С. 32-37.
5. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
6. Новый способ первичного семеноводства сои в условиях орошения / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева, Т. С. Кошкарлова // Орошаемое земледелие. 2018. № 1. С. 23-24.
7. Слободяник Н. С. Выведение новых сортов сои в процессе производства оригинальных семян // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. Вып. 1 (32). Ч. 1. С. 104-105.
8. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. P. 1286.
9. Meliorative institutional environment: the area of state interests / S. M. Vasilev [et al.] // Espacios. 2018. V. 39. No. 12. P. 28.
10. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. P. 121.
11. Vital R. G. Ketric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants unde high temperature // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.

Conclusions. As a result of many years of breeding work with the use of classical methods of creating and working out the source material, a new early ripening, highly productive, technological, high-protein soybean variety was developed relative to the standard variety. The registered variety meets the basic modern requirements of agricultural production. Its cultivation will make it possible to increase the profitability of this crop in our country on irrigated, non-irrigated lands and when placing crops of this variety in more northern latitudes.

References

1. Adaptive, high-protein soybean varieties for cultivation in reclaimed agricultural landscapes of southern and central Russia / V. V. Tolokonnikov, G. P. Kantser, T. S. Koshkarova, I. V. Kozhukhov // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2018. No. 4 (52). P. 166-170.
2. Burlyaeva M. O., Rostova N. S. Variability of the structure of correlations of morphological and economic traits in soybeans with different types of growth and branching patterns // Vavilovskiy Zhurnal Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 6. P. 78-86.
3. State register of selection achievements admitted to use. V. 1. Plant varieties (official publication). M: FGBNU "Rosinformtek", 2020. 680 p.
4. Drought-resistant soybean variety Volgogradka 1 / V. V. Tolokonnikov, T. S. Koshkarova, S. V. Ileneva, G. P. Cancer // Oilseeds. 2020. I. 4 (184). P. 32-37.
5. Nekrasov A. Yu. Soya: sources from the collection of genetic resources of the VIR // Works on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 181. No. 1. P. 48-52.
6. A new method of primary seed production of soybeans under irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, G. P. Kantser, N. M. Plyushcheva, T. S. Koshkarova // Irrigated agriculture. 2018. No. 1. P. 23-24.
7. Slobodyanik N. S. Breeding new varieties of soybeans in the production of original seeds // International scientific research journal. 2015. I. 1 (32). Part 1. P. 104-105.
8. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. P. 1286.
9. Meliorative institutional environment: the area of state interests / S. M. Vasilev [et al.] // Espacios. 2018. V. 39. No. 12. P. 28.
10. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. P. 121.
11. Vital R. G. Ketric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.

Authors Information

Tolokonnikov Vladimir Vasilievich, leading researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), doctor of Agricultural Sciences, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Tatyana S. Koshkarova, Senior Researcher Department of Soil FGBNU FNC VNIIMK (350038, Krasnodar, ul. Filatov, 17), candidate of Agricultural Sciences, tel. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

Chamurliov Gorgiy Omerievich, senior lecturer of the agricultural engineering Department of the Agrarian and technological Institute "Peoples' friendship University of Russia" (Peoples' friendship University of Russia) (8 Miklukho-Maklaya, Moscow, 117198, Russian Federation), candidate of Agricultural Sciences, tel. 8-904-777-48-58, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6410-8438> giorgostsamourlidis@mail.ru

Ileneva Svetlana Viktorovna, Associate Professor of the Department of Processing Technologies and Food Safety, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Candidate of Technical Sciences, e-mail: sileneva@bk.ru

Naboychenko Konstantin Viktorovich, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: volgausselect@ya.ru

Информация об авторах

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Кошкарова Татьяна Сергеевна, старший научный сотрудник отдела сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

Чамурлиев Георгий Омаринович, старший преподаватель агроинженерного департамента Аграрнотехнологического института ФГАОУ ВО РУДН (Российский университет дружбы народов) (РФ, 117198, г. Москва, Миклухо-Маклая, 8), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-904-777-48-58, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6410-8438> giorgostsamourlidis@mail.ru

Иленева Светлана Викторовна, доцент кафедры технологий переработки и безопасности пищевых продуктов Волгоградского государственного аграрного университета (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат технических наук, e-mail: sileneva@bk.ru.

Набойченко Константин Викторович, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства Волгоградского государственного аграрного университета (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: volgausselect@ya.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-10

THE USE OF COMPLEX BIOPREPARATIONS IN CULTIVATION OF MELONS ON THE IRRIGATED LANDS OF THE NORTHERN CASPIAN LANDS

N.V. Tutuma, A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

Federal State Budget Scientific Institution

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

Received 12.02.2021

Submitted 25.05.2021

Summary

Results on cultivation of melons with use of microbiological preparations are presented. Optimal options have been identified that contribute to the formation of high yield of the studied crops.

Abstract

Introduction. The main areas under melon crops are concentrated mainly in the South-East of the Russian Federation, due to climatic conditions. For the first time in the conditions of light chestnut soil on the land use territory of the Caspian Agricultural Scientific Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences during 2019-2020, a study was carried out on the cultivation of various varieties of watermelon and various varieties of melon using complex of biological products (CBP) in order to obtain high and stable yields with drip irrigation. **Materials and methods.** The study included 4 varieties of watermelon and 4 varieties of melon. The research material was complex of biological products: CBC (cyanobacterial consortium); CBP (10702 + F + P); Biohumus. (Federal State Budget Institution of Science «Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea») The economically valuable traits of the studied varieties cultivated in the arid zone of the Astrakhan region were evaluated. **Results and conclusion.** As a result of the conducted studies of various varieties and hybrids of the studied crops (watermelon and melon), on average, for two years of study (2019-2020), it was possible to single out the watermelon cultivar Peasant and the melon hybrid Alice F1, which showed the maximum yield level. The highest yield of the watermelon variety was obtained using the option Biohumus + CBP st and amounted to 98.3 t / ha with an average fruit weight of 6.8 kg. For other processing options for the Krestyanin variety, the yield indicators changed slightly. In the melon hybrid Alisa F1, the maximum yield was achieved using a similar version of Biohumus + CBP st. The biological yield was equal to 72.6 t / ha with an average fruit weight of 4.7 kg. Marketability with such indicators was 98%. Presowing soaking of seeds in a solution of Biohumus + CBP st contributed to a significant increase in yield.

Keywords: *watermelon, melon, biologics, seed soaking, yield.*

Citation. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Use of complex biologics when cultivating melons on irrigated lands of the Northern Caspian Sea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 93-101 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-10.

Author's contribution. All authors of the present 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 that there is no conflict of interest.

УДК 631.5:579.64:631.46

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Н. В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,

А. Н. Бондаренко, кандидат географических наук

О. В. Костыренко, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище

Дата поступления в редакцию 12.02.2021

Дата принятия к печати 25.05.2021

Актуальность. Основные площади под бахчевыми культурами сосредоточены главным образом на юго-востоке РФ, что обусловлено климатическими условиями. Впервые в условиях светло-каштановой почвы на территории землепользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный федеральный научный центр РАН» в течение 2019-2020 гг. было проведено изучение возделывания различных сортов арбуза и различных сортов дыни при использовании комплексных биопрепаратов (КБП) с целью получения высоких и стабильных урожаев при капельном способе полива. **Материалы и методы.** В изучении находились 4 сорта арбуза и 4 сорта дыни. Материалом исследования являлись комплексные биопрепараты: ЦБК; КБП (10702+Ф+П); Биогумус. (ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Оценивались хозяйственно ценные признаки исследуемых сортов, возделываемых в условиях аридной зоны Астраханской области. **Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований различных сортов и гибрида изучаемых культур (арбуз и дыня) в среднем за два года изучения (2019-2020 гг.) смогли выделить сорт арбуза Крестьянин и гибрид дыни Алиса F1, которые показали максимальный уровень урожайности. Самая высокая урожайность у сорта арбуза была получена на варианте Биогумус+КБП st и составила 98,3 т/га при средней массе плода 6,8 кг. По другим вариантам обработки у сорта Крестьянин показатели урожайности изменялись незначительно. У гибрида дыни Алиса F1 максимальная урожайность была достигнута на аналогичном варианте Биогумус+КБП st. Биологическая урожайность была равна 72,6 т/га при средней массе плода 4,7 кг. Товарность при таких показателях составила 98 %. Предпосевное замачивание семян в растворе Биогумус+КБП st способствовало значительному увеличению урожайности.

Ключевые слова: возделывание бахчевых культур, комплексные биопрепараты, замачивание семян бахчевых, урожайность бахчевых культур.

Цитирование. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. (). Использование комплексных биопрепаратов при возделывании бахчевых культур на орошаемых землях Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 93-101. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-10.

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. Бахчевые культуры получили широкое распространение и пользуются хорошим спросом у населения во всем мире [1-3, 5, 8, 10].

Большое значение при возделывании арбуза и дыни в настоящее время на орошении имеет применение микробиологических препаратов и стимуляторов роста, что в совокупности значительно увеличивает их урожайность [4, 6, 7, 9, 11], в связи с чем, целью настоящего исследования явились разработка и выявление оптимального варианта ростостимулирования на примере использования комплексных биопрепаратов при возделывании бахчевых культур (арбуз, дыня) на орошаемых землях Северного Прикаспия.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: провести фенологические наблюдения по основным фазам развития арбуза и дыни: всходы, шатрик, плетобразование, цветение, созревание; изучить в полевом опыте влияние различных комплексных биопрепаратов на рост, развитие и урожайность арбуза и дыни; определить влияние оптимальных вариантов ростостимулирования на продуктивность сортов и массу плодов изучаемых культур; провести учет биологической урожайности путем весового учета на всех вариантах опыта, а также определить товарность плодов в зависимости от вариантов опыта.

На основе проведенных исследований получены экспериментальные данные, осуществлен комплексный подход в изучении использования комплексных биопрепаратов и получения высоких и стабильных урожаев бахчевой продукции. Проведено определение и обоснование оптимального варианта ростостимулирования с учетом почвенно-климатических условий, сортового состава и условий агротехники для аридной зоны Северного Прикаспия.

Материалы и методы. Опыт был заложен в трехкратной повторности по методике Доспехова Б. А. Размещение вариантов систематическое. Площадь опыта 1 культуры – 960,0 м², площадь делянки под 1 вариантом – 240,0 м². Площадь 1 учётной делянки – 80,0 м² (Белик В. Ф., 1982). Общая площадь под опытом двух культур (арбуз, дыня) – 1920,0 м². Способ полива – капельное орошение.

Схема опыта:

1. I вариант – контроль (без удобрений).
2. II вариант – ЦБК.
3. III вариант – КБП (10702+Ф+П).
4. IV вариант – Биогумус +КБП st.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учёты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б. А.; методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под редакцией Белика В. Ф., Литвинова С. С., методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур 2015 г.

Учет урожая проводился путем взвешивания всей продукции с делянки – как товарной, так и нетоварной. В товарной части урожая учитывалась отдельно стандартная и нестандартная продукция. Стандартную продукцию определяли согласно требованиям ГОСТ 7177-80. Средняя масса плода определялась при каждом сборе.

Объект исследований: арбуз сортов Кримсон Свит, Фермер, Талисман, Крестьянин и дыня сортов Эфиопка, Лада, Виктория, Алиса F1.

Материалом исследования служили комплексные жидкие биопрепараты: ЦБК; КБП (10702+Ф+П); Биогумус. (ФГБУН «НИИСХ Крыма»).

Комплекс биопрепаратов (*КБП*) включает симбиотические, ассоциативные с растением азотфиксирующие, фосфатмобилизирующие и биопротекторные микроорганизмы с функциональными свойствами биопрепаратов: Ризобифита, Диазофита, Фосфоэнтерина и Биополицида – и характеризуется комплексным влиянием на сельхозкультуры, повышая урожайность и качество продукции. Жидкая форма препарата содержит живые культуры азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих микроорганизмов и бактерий–антагонистов фитопатогенов, их метаболиты и остатки культурной среды.

ЦБК – биопрепарат на основе полифункционального цианобактериального консорциума, улучшает азотное и фосфорное питание, стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессовым факторам, активизирует почвенные процессы в агроценозах.

Биогумус (вермикомпост) – экологически чистое органическое удобрение, продукт переработки навоза КРС популяцией технологического червя «Старатель». Это концентрированное удобрение содержит в сбалансированном сочетании целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, почвенные антибиотики, витамины, гормоны роста и развития растений. В нем большое количество гуминовых веществ. Биогумус – уникальное микробиологическое удобрение, в котором обитает полезное сообщество почвенных микроорганизмов, создающих плодородие земель.

Для обработки семян каждый препарат суспендировали (разводили) в воде. Общий рабочий раствор жидкости составлял 1-2 % от массы семян. Гектарная норма расхода препарата – 100 мл.

Готовую суспензию равномерно наносили на семена. Семена высевали в открытый грунт в течение суток после обработки (согласно рекомендациям ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Дополнительно в течение вегетации было внесено с поливной водой N₆₀P₉₀K₄₅.

Результаты и обсуждение. Предшественником для посева бахчевых культур являлся яровой ячмень сорта Ратник. Осенняя вспашка проводилась на глубину 22-24 см плугом ПЛН-4-35. Весенняя обработка почвы началась по мере физического созревания почвы. Весной вспашка осуществлялась на глубину 22–24 см плугом ПЛН-4-35. Закрытие весенней влаги и одновременное выравнивание поверхности поля проводились тяжелыми дисковыми боронами по диагонали участка. Всего было проведено 2 культивации культиватором КПС-5. За день до посева была проведена обработка фрезой Ф-200 + МТЗ-80. Далее была проведена раскладка капельных лент.

Май и июнь 2019 гг. характеризовались малым количеством осадков – 4,9 ... 8,9 мм. Среднесуточная температура воздуха изменялась подекадно незначительно. Среднесуточная температура в мае была равна 26,0 °С, в июне – 24,0 °С. ГТК был равен 0,1. Июль характеризовался самым максимальным количеством осадков 58,0 мм. Среднесуточная температура воздуха была равна 24,0 °С. ГТК был равен 0,7. Относительная влажность воздуха 53 %. Август характеризовался полным отсутствием осадков во второй и третьей декадах месяца. За месяц выпало всего 7,0 мм. Среднесуточная температура воздуха составляла всего +22,9 °С. Сумма активных температур > 10 °С, была равна +719,9 °С. ГТК = 0,1 Относительная влажность воздуха 41 %. В сентябре выпало 37,4 мм, среднесуточная температура воздуха была равна +15,8 °С, ГТК = 0,8, относительная влажность воздуха 52 %.

Среднесуточная температура воздуха в мае 2020 гг. составляла +16,2 °С. Относительная влажность воздуха – 62,6 %. Необходимо отметить, что именно в мае выпало максимальное количество осадков за весь период вегетации 41,5 мм, большая их часть – во вторую декаду месяца 21,1 мм. Сумма активных температур была равна +505,1 °С. Июнь характеризовался относительно высокими среднесуточными температурами, которые варьировали от +22,0 до +24,8 °С. Осадков выпало всего 14,1 мм. ГТК был равен 0,2.

Июль был очень жарким, в некоторые дни температура воздуха поднималась выше +40,0 °С, но в среднем за месяц она составляла +28,1 °С. За июль выпало самое минимальное количество осадков – 0,7 мм. При таких показателях ГТК был равен 0, что характерно для острозасушливого периода. Август аналогично июлю характеризовался очень жаркими днями. Среднесуточная температура составляла +23,2 °С. Осадки тоже были минимальными – 7,2 мм, ГТК = 0,1. Среднесуточная температура воздуха в сентябре была равна +18,3 °С. Осадки полностью отсутствовали. Сумма активных температур за месяц была равна +550,3 °С, относительная влажность воздуха – 39,0 %, ГТК = 0.

Таблица 1 – Элементы структуры урожая различных сортов арбуза (за 2 сбора), среднее за 2019...2020 гг.

Table 1 – Elements of harvest structure of different varieties of watermelon (per 2 of harvest), average for 2019... 2020

Сорт /Grade	Вариант / Option	Плоды / fruits						Товарность, % /Merchandise, %	Средняя масса плода, кг/ Average fruit weight, kg	Урожайность т/га/Yield t/ha
		Общее количество плодов, шт./ The general Quantity fruits, pcs.	Общий сбор с делянки (масса), кг Total fee from the plot (weight), kg	Из них товарных, шт./ From them commodity, pcs.	Масса товарных, кг./ Weight merchandise, kg.	Из них не товарных, шт./ Of these are not marketable, pcs.	Масса не товарных, кг. Mass not commercial, kg.			
Кримсон Свит / Crimson Sweet	Контроль (без обработки) / Control (Beachless)	74	362,6	62	303,8	12	58,8	84	4,9	45,2
	ЦБК / СВК	116	591,6	116	591,6	-	-	100	5,1	73,7
	КБП 10700+Ф+П / КВР10700+Ф+Р	96	508,8	68	360,4	28	148,4	71	5,3	63,4
	Биогумус +КБП st / Biogumus+КВР st	102	561,0	82	451,0	20	110,0	80	5,5	69,9
Фермер / Farmer	Контроль (без обработки) / Control (Beachless)	82	508,4	62	384,4	20	124,0	76	6,2	63,3
	ЦБК /СВК	102	673,2	40	264,0	62	409,2	39	6,6	83,9
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	68	435,2	48	307,2	20	128,0	71	6,4	54,2
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	84	571,2	50	34,0	34	231,2	60	6,8	71,1
Талисман / Mascot	Контроль (без обработки)/ Control (Beachless)	82	500,2	68	414,8	14	85,4	83	6,1	62,3
	ЦБК /СВК	100	650,0	72	468,0	28	182,0	72	6,5	81,0
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	88	554,4	54	340,2	34	214,2	61	6,3	69,1
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	130	728,0	96	537,6	34	190,4	74	5,6	90,7
Крестьянин / Peasant	Контроль (без обработки)/ Control (Beachless)	116	684,4	116	684,4	-	-	100	5,9	85,2
	ЦБК /СВК	111	699,3	111	699,3	-	-	100	6,3	87,1
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	125	762,5	111	677,1	14	85,4	89	6,1	95,0
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	116	788,8	88	598,4	28	190,4	76	6,8	98,3

ошибка опыта/

error of experience

t (05)

НСР(05) А

НСР(05) В

НСР(05) АВ

Таблица 2 – Элементы структуры урожая различных сортов дыни (за 3 сбора), среднее за 2019...2020 гг.

Table 2 – Elements of the crop structure of various melon varieties (for 3 collections), average for 2019... 2020

Сорт / Grade	Вариант / Option	Плоды / fruits							Товарность, % / Merchandise, %	Средняя масса плода, кг / Average fruit weight, kg	Урожайность т/га/Yield t/ha
		Общее Количество плодов, шт./ The general Quantity fruits, pcs.	Общий сбор с делянки (масса), кг Total fee from the plot (weight), kg	Из них товарных, шт./ From them commodity, pcs.	Масса товарных, кг / Weight merchandise, kg.	Из них не товарных, шт./ Of these are not marketable, pcs.	Масса не товарных, кг. Mass not commercial, kg.				
Эфиопка	Контроль (без обработки) / Control (Beachless)	104	354,6	104	353,6	-	-	100	3,4	44,0	
	ЦБК /СВК	76	288,8	76	288,8	-	-	100	3,8	35,0	
	КБП 10700+Ф+П / КВР10700+Ф+Р	110	396,0	110	396,0	-	-	100	3,6	49,3	
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	96	364,8	96	364,8	-	-	100	3,8	45,4	
Лада	Контроль (без обработки)/ Control (Beachless)	82	196,8	82	196,8	-	-	100	2,4	24,5	
	ЦБК /СВК	90	216,0	90	216,0	-	-	100	2,4	26,9	
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	76	205,2	76	205,2	-	-	100	2,7	25,6	
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	82	295,2	82	295,2	-	-	100	3,6	36,8	
Виктория	Контроль (без обработки)/ Control (Beachless)	90	198,0	84	184,8	6	13,2	93	2,2	24,7	
	ЦБК /СВК	110	286,0	110	286,0	-	-	100	2,6	35,6	
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	110	275,0	110	275,0	-	-	100	2,5	34,3	
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	104	260,0	102	255,0	2	5,0	98	2,5	32,4	
Алиса F1	Контроль (без обработки) / Control (Beachless)	116	522,0	116	522,0	-	-	100	4,5	65,0	
	ЦБК / СВК	124	582,8	122	573,4	2	9,4	98	4,7	72,6	
	КБП 10700+Ф+П /КВР10700+Ф+Р	106	508,8	106	508,8	-	-	100	4,8	63,4	
	Биогумус +КБП st /Biogumus+КВР st	152	714,4	146	686,2	6	28,2	96	4,7	89,0	

ошибка опыта/
error of
experience

0,59
2,0400
0,8571
0,8571
0,7423

НСР(05) А
НСР(05) В
НСР(05) АВ

В результате проведенных фенологических наблюдения у различных сортов арбуза и дыни было выявлено, что различий по наступлению фенологических фаз по вариантам опыта не наблюдалось.

Арбузы высевали в течение двух лет изучения во второй декаде мая 18.05...19.05 при достижении оптимальных температур воздуха и почвы. Начало массовых всходов было отмечено через 14 сут. после посева. В фазу шатрик растения вступили через 28 суток после всходов. Цветение было зафиксировано в первой декаде июля – 04.07...06.07, образования плодов во второй декаде июля – 21.07... 23.07. Первый сбор был осуществлен во второй декаде августа 17.08...18.08. Всего было осуществлено 2 сбора за весь вегетационный период.

Различные сорта дыни, аналогично, были посеяны 18.05...20.05. Начало фазы массовых всходов было отмечено 05.06...07.06. Фаза шатрика была зафиксирована во второй декаде июня. Начало фазы цветения варьировало в зависимости от года исследований 05.07...07.07. Образование плодов было отмечено во второй декаде июля. Первый сбор дыни был осуществлен во второй – третьей декадах августа. Всего было осуществлено три сбора.

По результатам проведенных исследований: максимальные показатели по элементам структуры урожая при возделывании различных сортов арбуза с использованием предпосевного замачивания семян комплексными жидкими биопрепаратами были получены на варианте с применением Биогумус+КБП у сортов Талисман и Крестьянин. Общий сбор с делянки по данным сортам варьировал от 728,0 до 788,8 кг, масса товарных плодов составляла 537,6...598,4 кг с делянки. Товарность находилась в диапазоне 74...76 %. Средняя масса плода была равна 5,6...6,8 кг, урожайность 90,7...98,3 т/га (таблица 1).

У сортов дыни прослеживалась аналогичная тенденция, наиболее эффективно себя проявил вариант с предпосевным замачиванием семян баковой смесью Биогумус+КБП. По данному варианту высокоурожайными в изучении оказались сорт дыни Эфиопка и гибрид Алиса F1. Общий сбор с делянки был равен 364,8...714,4 кг. Количество товарных плодов составляло от 96 до 146 шт., товарность 96...100 %. Средняя масса плода была равна 3,8...4,7 кг, урожайность – 45,4...89,0 т/га (таблица 2).



Рисунок 1 – Дыня сорт Эфиопка
Figure 1 – Melon class Ethiopian

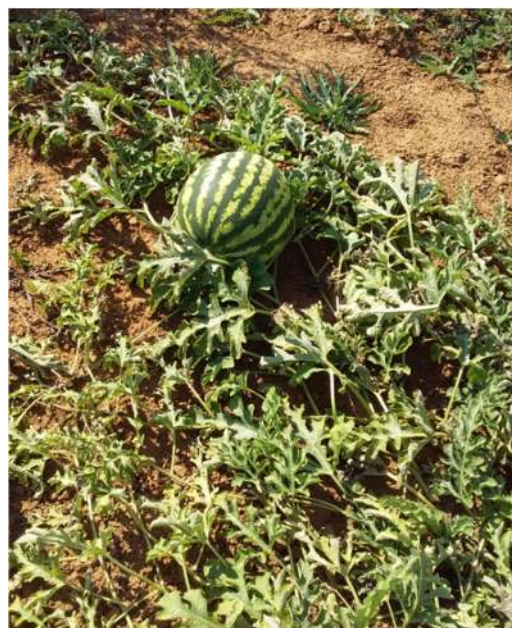


Рисунок 2 – Арбуз сорт Крестьянин
Figure 2 – Watermelon variety Peasant

Выводы:

1. Предпосевное замачивание семян изучаемых бахчевых культур биопрепаратами на основе ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов из расхода (раствор жидкости составлял 1-2 % от массы семян, гектарная норма расхода препарата – 100 мл) улучшило питание растений арбуза и дыни на первых этапах развития, а дополнительное фоновое питание из расчёта $N_{60}P_{90}K_{45}$ способствовало увеличению урожайности на 10-30 %.

2. Максимально положительный эффект по показателям урожайности был получен от баковой смеси Биогумус + КБП st. На основании полученных результатов исследований исполнители считают возможным рекомендовать его для применения на культуре арбуз и дыня для почвенно-климатических условий аридного климата Северо-Западного Прикаспия.

Библиографический список

1. Быковский Ю. А., Варивода Е. А. Перспективные сорта бахчевых культур для юга России // Картофель и овощи. 2017. № 9. С. 39-40.
2. Варивода Е. А., Корнилова М. С., Варивода Г. В. Результаты сортоиспытания новых сортов дыни в условиях Волгоградского Заволжья // Овощи России. 2018. № 2 (40). С. 61-64.
3. Варивода О. П., Масленникова Е. С. Оценка и подбор исходного материала для создания гибридов дыни с комплексной устойчивостью к антракнозу и мучнистой росе // Овощи России. 2019. № 5. С. 20-24. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-2>.
4. Рябчикова Н. Б., Колебошина Т. Г., Суслова В. А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество плодов арбуза в условиях открытого грунта Волгоградского Заволжья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (72). С. 315-320.
5. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни / Т. Г. Колебошина, Н. Г. Байбакова, Е. А. Варивода, Г. С. Егорова // Известия НВ АУК. 2020. № 2 (58). С. 57-65.
6. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья / Т. Г. Колебошина, С. Д. Фомин, Н. Б. Рябчикова, О. Г. Вербитская // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 107-116.
7. Эффективность применения новых видов и норм водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья / Н. Б. Рябчикова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 81. С. 173-177.
8. Chemical properties and microbial responses to biochar and compost amendments in the soil under continuous watermelon cropping / Y. Cao, Y. Ma, D. Guo, Q. Wang, G. Wang // Plant Soil Environ. 2017. V. 63. P. 1-7.
9. Effect of Bicyclopurone on Triploid Watermelon in Plasticulture / M. B. Bertucci, K. M. Jennings, D. W. Monks, D. L. Jordan, J. R. Schultheis, F. J. Louws, M. D. Waldschmidt // Weed Technology. 2018. V. 32. I. 4. P. 439-443.
10. Genetic diversity and population structure of core watermelon (*Citrullus lanatus*) genotypes using DArTseq-based SNPs / X. Yang, R. Ren, R. Ray, J. Xu, P. Li, M. Zhang, G. Liu, X. Yao, A. Kilian // Plant Genetic Resources. 2016. V. 14. Is. 3. P. 226-233.
11. Glyoxylate cycle and reactive oxygen species metabolism are involved in the improvement of seed vigor in watermelon by exogenous GA3 / Y. He, Z. Ye, Q. Ying, Y. Ma, Y. Zang, H. Wang, Y. Yu, Z. Zhu // Scientia Horticulturae. 2019. V. 247. P. 184-194.

Conclusions:

1. Pre-sowing soaking of seeds of the studied melon crops with biologics based on associative nitrogen-fixing microorganisms from the flow rate (the liquid content was 1-2 % of the seed weight, the hectare rate of drug consumption was 100 ml) improved the nutrition of watermelon and melon plants at the first stages of development, and additional background nutrition at the rate of $N_{60}P_{90}K_{45}$ contributed to an increase in yield by 10-30 %.

2. The maximum positive effect on yield indicators was obtained from the tank mixture Biohumus + CBP st. Based on the results of the research, the performers consider it possible to recommend it for use on the watermelon and melon culture for the soil and climatic conditions of the arid climate of the North-Western Caspian region.

References

1. Bykovskij Yu. A., Varivoda E. A. Perspektivnye sorta bahchevyh kul'tur dlya yuga Rossii // Kartofel' i ovoschi. 2017. № 9. P. 39-40.
2. Varivoda E. A., Kornilova M. S., Varivoda G. V. Rezul'taty sortoispytaniya novyh sortov dyni v usloviyah Volgogradskogo Zavolzh'ya // Ovoschi Rossii. 2018. № 2 (40). P. 61-64.
3. Varivoda O. P., Maslennikova E. S. Ocenka i podbor iskhodnogo materiala dlya sozdaniya gibridov dyni s kompleksnoj ustojchivost'yu k antraknozu i muchnistoj rose // Ovoschi Rossii. 2019. № 5. P. 20-24. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-2>.
4. Ryabchikova N. B., Koleboshina T. G., Suslova V. A. Vliyanie stimulyatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo plodov arbuza v usloviyah otkrytogo grunta Volgogradskogo Zavolzh'ya // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (72). P. 315-320.
5. Sravnitel'naya ocenka novyh sortov i gibridnyh populyacij dyni / T. G. Koleboshina, N. G. Bajbakova, E. A. Varivoda, G. S. Egorova // Izvestiya NV AUK. 2020. № 2 (58). P. 57-65.
6. Sravnitel'naya ocenka razlichnyh vidov udobrenij i sposobov ih primeneniya pri vyraschivanii bahchevyh kul'tur v usloviyah Volgogradskogo Zavolzh'ya / T. G. Koleboshina, S. D. Fomin, N. B. Ryabchikova, O. G. Verbitskaya // Izvestiya NV AUK. 2020. № 3 (59). P. 107-116.
7. }ffektivnost' primeneniya novyh vidov i norm vodorastvorimyh udobrenij v tehnologii vyraschivaniya arbuza stolovogo v usloviyah Volgogradskogo Zavolzh'ya / N. B. Ryabchikova [i dr.] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 81. P. 173-177.
8. Chemical properties and microbial responses to biochar and compost amendments in the soil under continuous watermelon cropping / Y. Cao, Y. Ma, D. Guo, Q. Wang, G. Wang // Plant Soil Environ. 2017. V. 63. P. 1-7.
9. Effect of Bicyclopypyrone on Triploid Watermelon in Plasticulture /M. B. Bertucci, K. M. Jennings, D. W. Monks, D. L. Jordan, J. R. Schultheis, F. J. Louws, M. D. Waldschmidt // Weed Technology. 2018. V. 32. I. 4. P. 439-443.
10. Genetic diversity and population structure of core watermelon (*Citrullus lanatus*) genotypes using DArTseq-based SNPs / X. Yang, R. Ren, R. Ray, J. Xu, P. Li, M. Zhang, G. Liu, X. Yao, A. Kilian // Plant Genetic Resources. 2016. V. 14. Is. 3. P. 226-233.
11. Glyoxylate cycle and reactive oxygen species metabolism are involved in the improvement of seed vigor in watermelon by exogenous GA3 /Y. He, Z. Ye, Q. Ying, Y. Ma, Y. Zang, H. Wang, Y. Yu, Z. Zhu // Scientia Horticulturae. 2019. V. 247. P. 184-194.

Author's Information

Tyutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of FSBNU PAFNTS RAS. 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0001-6582-2628)

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, K. N., Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, m.n.s. Laboratories of agricultural technologies of vegetable crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

Информация об авторах

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

Бондаренко Анастасия Николаевна, кандидат географических наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Костыренко Оксана Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS AND THE USE OF AGROCHEMICALS ON THE AUTUMN DEVELOPMENT AND YIELD OF WINTER WHEAT IN THE CHERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

V. N. Churzin, D. O. Dubovchenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 04.12.2020

Submitted 25.05.2021

Abstract

Introduction. The main conditions for obtaining stable winter wheat yields in the research area are good moisture availability of plants, both during sowing, which ensures the production of seedlings, and during the spring – summer vegetation period. The main importance for the formation of the yield value and the quality of grain is the moisture supply of winter crops during the critical period - this is the phase of the autumn vegetation, in the summer - the formation and filling of grain. **Object.** In the studies, two promising varieties of winter wheat Victoria-11, Olymp and the use of spring fertilizing with mineral fertilizers N60 were taken in comparison with the use of Humate+7b, liquid fertilizer Helios Azot and Biohumate "EcoSS-20+S" on the chernozems of the Elansky district. **Materials and methods.** The experiments were laid in the farm of the Elansky district of the Peasant farm «O. I. Dubovchenko». The research was carried out as part of the implementation of the research plan of the Department «Crop Production, breeding and seed production» on chernozem soils in 2018-2020. **Results and conclusions.** In the autumn period in 2017, the number of shoots per plant in the Victoria-11 variety in the autumn period, according to the experimental options, was from 4.1-4.3 pieces, with 3.2-3.6 pieces of the shoot in the Olympus variety. In the crops of 2018, the bushiness of the Victoria-11 variety in the autumn period in the control did not exceed 3.4 pieces of shoots with 3.3-3.4 shoots in the variant of using the preparations. In the crops of 2019, the bushiness of the Victoria-11 variety in the application of agrochemicals is higher and reached 3.5 pieces of shoot, with 3.3 pieces of shoot in the control, with an increase in the number of nodal horses to 4.5 pieces per plant, in the control - 4.1 pieces. The bushiness of the Olymp variety in crops was at the level of the Victoria-11 variety, the use of agrochemicals increased the bushiness to 3.3-3.4 leaves per one tillering node. From 2018 to 2020, the humidification conditions changed greatly. So, the value of the SCC in 2018 was at the level of 0.40-0.41, in 2019, respectively - 0.72, in 2020 - 0.71-0.73. These GTC values are typical for very arid and dry conditions. As a result of the research, the following showed that the studied varieties of winter wheat Victoria-11 and Olympus formed higher yields in the variant of spring feeding with mineral nitrogen at a dose of N60, the value of which, over the years of research, averaged, respectively, for varieties 5.01 and 3, 80 t / ha, which is higher in relation to the control by 115.9 and 119.1%. The increase in yield from the use of humates and liquid fertilizers to the control in the Victoria-11 variety is from 100.9 to 102.5%, in the Olympus variety, respectively, from 105.6 to 108.7%.

Key words: winter wheat, varieties, Humate+7b, Helios Nitrogen, Biohumate EcoSS-20+S, yield.

Citation. Churzin V. N., Dubovchenko D. O. The influence of weather conditions and the use of agrochemicals on the autumn development of plants and the yield of winter wheat in the chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 102-109 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-11.

Author's contribution. All authors participated in the planning, analysis and execution of this study and approved the final version of the submitted work

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

УДК 633.51:633.11

**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ
НА ОСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****В. Н. Чурзин**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Д. О. Дубовченко**, аспирант*Волгоградский государственный аграрный университет*

Аннотация. Основными условиями получения стабильных урожаев озимой пшеницы в зоне исследований является хорошая влагообеспеченность растений как при посеве, что обеспечивает получение всходов, так и в период весенне-летней вегетации. Основное значение для формирования величины урожая и качества зерна имеет влагообеспеченность озимых в критический период – это фазы осенней вегетации, в летний период – формирования и налива зерна. **Объект.** В исследованиях были взяты два перспективных сорта озимой пшеницы Виктория-11, Олимп и применены весенние подкормки минеральными удобрениями N_{60} в сравнении с применением Гумата+7б, жидкого удобрения Гелиос Азот и Биогумата «Экосс-20+S» на черноземах Еланского района. **Материалы и методы.** Опыт закладывался в хозяйстве Еланского района КФХ «О. И. Дубовченко» на черноземах, в которых содержание гумуса находится на уровне 4,81-4,98 %, средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Исследования проведены в рамках выполнения плана научных исследований кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» на чернозёмных почвах 2018-2020 гг. **Результаты и выводы.** В осенний период в 2017 году у сорта Виктория-11 количество побегов на одно растение в осенний период по вариантам опыта было от 4,1-4,3 шт. при 3,2-3,6 шт. побега у сорта Олимп. В посевах 2018 года кустистость у сорта Виктория-11 в осенний период в контроле не превышала 3,4 шт. побега при 3,3-3,4 побега на варианте применения препаратов. В посевах 2019 года у сорта Виктория-11 кустистость в варианте применения агрохимикатов выше и достигала 3,5 шт. побега при 3,3 шт. побега в контроле, при увеличении числа узловых корней – до 4,5 шт. на одно растение, в контроле – 4,1 шт. У сорта Олимп в посевах кустистость была на уровне сорта Виктория-11, применение агрохимикатов повышало кустистость до 3,3-3,4 шт. листа на один узел кущения. С 2018 г. по 2020 г. во время проведения опыта условия увлажнения сильно изменялись. Так, величина ГТК в 2018 году была на уровне 0,40-0,41, в 2019 году соответственно – 0,72, в 2020 году – 0,71-0,73. Эти значения ГТК характерны для очень засушливых и сухих условий. В результате исследований было достигнуто следующие показатели: изучаемые сорта озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп выше формировали урожайность в варианте проведения весенней подкормки минеральным азотом в дозе N_{60} , величина которой за годы исследований в среднем составила, соответственно, по сортам 5,01 и 3,80 т/га, что выше по отношению к контролю на 115,9 и 119,1 %. Прибавка урожайности от применения гуматов и жидкого удобрения к контролю у сорта Виктория-11 – от 100,9 до 102,5 %, у сорта Олимп, соответственно, от 105,6 до 108,7 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорта озимой пшеницы, Гумат+7б, Гелиос Азот, Биогумат Экосс-20+S, урожайность озимой пшеницы.

Цитирование. Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Влияние погодных условий и применения агрохимикатов на осеннее развитие растений и урожайность озимой пшеницы на черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 102-109. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-11.

Авторский вклад. При планировании, анализе и выполнении данного исследования принимали участие все авторы и одобрили окончательный вариант представленной работы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В Волгоградской области озимая пшеница – одна из основных культур, которая обеспечивает стабильный валовый сбор зерна. В настоящее время разработаны адаптивные и экономически выгодные технологии возделывания озимых, гаран-

тирующие получение устойчивых урожаев этой культуры. Внедрение различных агрохимикатов в технологии возделывания озимой пшеницы в Волгоградской области [5, 9-11] способствовало повышению качества зерна и создало условия для более стабильных урожаев. Актуальным вопросом остается выбор более новых сортов и применение новых форм агрохимикатов.

Цель исследования – изучить отзывчивость новых и перспективных сортов озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп на применение весенних подкормок минеральными удобрениями N_{60} в сравнении с применением Гумата+7б, жидкого удобрения Гелиос Азот и Биогумата «Экосс-20+S» на черноземах Еланского района.

Впервые на чернозёмных почвах Волгоградской области проведены исследования по сравнительной оценке, эффективности применения весенней подкормки минеральным азотом в дозе N_{60} в сравнении с обработкой перед посевом семян и растений в весенний период по вегетации Биогуматом «Экосс-20+S», препаратом Гумат+7б и жидким удобрением Гелиос Азот на урожайность зерна у сортов озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп.

Исследования проведены в рамках выполнения плана научных исследований кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство».

Материалы и методы. Опыт закладывался в хозяйстве Еланского района КФХ «О. И. Дубовченко» на чернозёмных почвах 2018-2020 гг., в которых содержание гумуса находится на уровне 4,81-4,98 %, средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. В исследованиях были взяты два перспективных сорта Виктория-11 и Олимп, изучалось положительное влияние весенней азотной подкормки минеральным удобрением N_{60} в сравнении с применением Гумата+7б, жидкого удобрения Гелиос Азот и Биогумата Экосс-20+S на урожайность новых сортов с высокими показателями качества зерна озимой пшеницы.

Таблица 1 – Дозы применения препаратов в исследованиях

Table 1 – Doses of drugs used in studies.

Препарат / Preparation	Обработка се- мян, л/т / Seed treatment, l/t	Расход воды при обработке семян, л/т / Water consumption during seed treat- ment, l/t	Обработка вегети- рующих растений, л/т / Processing of vege- tative plants, l/t	Расход рабочей жидкости, л/га / Working fluid flow rate, l/ha
«Экосс-20+S» / «Ecosse-20+S»	0,25	10	0,250	200
Гумат+7б / Humate+7b	2,0	10	0,250	200
Гелиос Азот / Helios Azot	2,0	10	4,0	200

Площадь делянки в исследованиях 360 м², норма высева – 4,5 млн семян на гектар. В опыте сохранялось систематическое размещение делянок с 3-х кратной повторностью.

Результаты и обсуждение. Лимитирующим фактором получения высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы в зоне исследований являются условия обеспеченности растений влагой как при посеве, что гарантирует получение всходов, так и в период весенней и летней вегетации [1, 2, 9-11]. Величина осадков в период исследований значительно различалась в посевах в 2019 и 2020 годах (рисунок 1).

Осадки в осенний период повлияли на всхожесть семян, формирование габитуса и на влажность почвы в опыте.

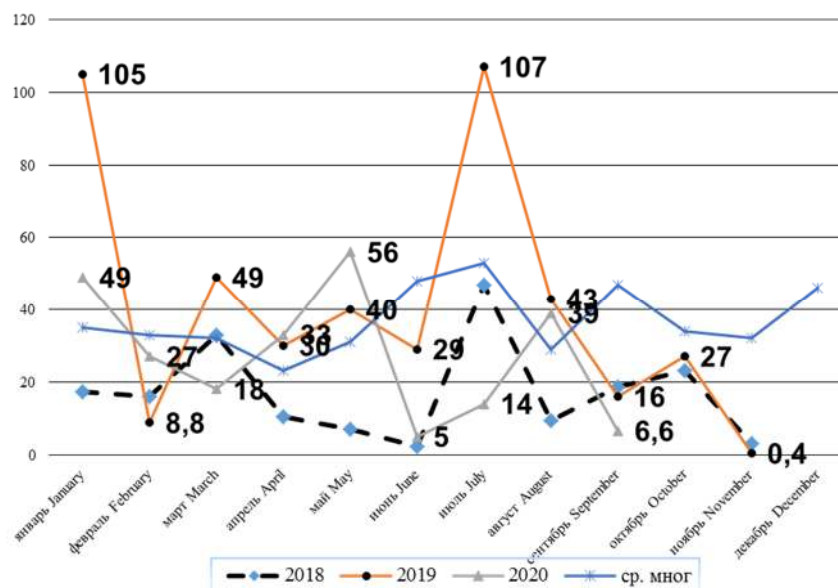


Рисунок 1 – Количество осадков за годы исследований, взятых с Еланской АМС

Figure 1 – The amount of precipitation over the years of research taken from the Elan AMS

Основное значение в формировании стабильных урожаев и качества зерна имеет влагообеспеченность озимых в критический период в осенний период вегетации и в летний период – формирования и налива зерна. В опытных посевах 2018 года количество атмосферных осадков было недостаточным, стабильный урожай был обеспечен запасами весенней доступной влаги. В посевах 2019 года стабильность урожая обеспечили осадки в начале летнего периода в количестве 107,0 мм, которые обеспечили стабильность почвенных запасов доступной влаги до конца вегетации. На опытных посевах 2020 году величина атмосферных осадков в мае месяце составила 56 мм, что обеспечило достаточный запас влаги в период колошения, но в критические фазы (июнь, июль) количество осадков составило 5 мм и 14 мм, что было недостаточно для фазы цветения, формирования и налива зерна, что отразилось на величине урожая и качестве зерна.

Осенняя влажность почвы 2017-2019 годов характеризовалась резко изменяющимися условиями влагообеспеченности посевного слоя в период сева, что влияло на полевую всхожесть семян и осеннюю вегетацию растений. Полевая всхожесть у сортов по вариантам опыта была на уровне 80-85 %. Установлено, что продолжительность появления всходов составляла от 8 до 10 дней при положительных температурах осеннего периода от 150 °С до 180 °С, что соответствует оптимальным условиям для данного периода. В посевах 2017 года были видны заметные различия в развитии растений в период (сентябрь-октябрь) у озимой пшеницы. Погодные условия 2017 года были благоприятными по всем показателям, что отразилось на габитусе растений. До окончания осенней вегетации кустистость у Виктории-11 в контроле – 4,4 побега, у Олимпа – 3,2 листа на растение. Применение обработки семян агрохимикатами перед посевом практически не обеспечило повышения кустистости, но привело к увеличению приузовых корней, что способствовало накоплению сахаров и благоприятно отразилось на перезимовке. Незначительные отличия кустистости были у сорта Олимп при применении агрохимикатов. Она составила в контроле 3,0 шт. побега, за счёт обработки семян «Экосс-20» и «Гумат+7б» – 3,14 штук побега. Максимальные показатели кустистости у сорта Олимп – 3,3 штуки на растение с обработкой семян Гелиос Азот.

У сорта Виктория-11 кустистость растений в 2018 г. составила 3,4 шт. С применением агрохимикатов кустистость составила 3,5 шт. побега. Кустистость растений составила в контроле 3,2 побега при 3,3-3,4 побега в варианте применения препаратов. Обработка семян повышала количество узловых корней, что благоприятно сказалось на перезимовке.

Влияние применяемых агрохимикатов на осеннее развитие растений отмечалось и в посевах 2019 года. Так, в посевах сорта Виктория-11 кустистость в варианте применения агрохимикатов выше и достигала 3,5 шт. побега при 3,3 шт. побега в контроле, при увеличении числа узловых корней до 4,5 шт. на одно растение, в контроле – 4,1 шт.

У сорта Олимп в посевах 2019 года кустистость была близка к сорту Виктория-11, влияние препаратов на кустистость растений было минимальным. Так, при 3,2 шт. побега на растение в контроле, использование агрохимикатов повышало кустистость до 3,3-3,4 шт. листа на растение.

Таблица 2 – Основные гидротермические условия с начала весенней вегетации до уборки сортов озимой пшеницы (контроль б/у)

Table 1 – The main hydrothermal conditions from the beginning of the spring growing season to the harvesting of winter wheat varieties (used control)

Варианты / Options	2018	2019	2020
Продолжительность периода начало вегетации – уборка: / Duration of the beginning of the growing season-cleaning:			
Виктория-11 / Victoria-11	90	95	86
Олимп / Olympus	88	95	84
Количество осадков (апрель-июль), мм / Precipitation (April-July), mm			
Виктория-11 / Victoria-11	65,2	132,0	111,0
Олимп / Olympus	65,2	132,0	111,0
Положительные температуры периода (апрель, май, июль), °C / Positive temperatures of the period (April, May, July), °C			
Виктория-11 / Victoria-11	1638	1824	1548
Олимп / Olympus	1602	1824	1512
Средний показатель температур за период вегетации, °C / Average temperature during the growing season, especially			
Виктория-11 / Victoria-11	18,2	19,2	18,0
Олимп / Olympus	18,2	19,2	18,0
ГТК за вегетацию / SCC for the growing season			
Виктория-11 / Victoria-11	0,40	0,72	0,71
Олимп / Olympus	0,41	0,72	0,73
Доступный запас влаги в период начала вегетации весной, мм / Available moisture reserve during the beginning of the growing season in spring, mm			
Виктория-11 / Victoria-11	165,2	170,0	160,7
Олимп / Olympus	163,1	170,0	162,3
Запас доступной влаги почвы в период хозяйственной спелости, мм / The reserve of available soil moisture during the period of economic ripeness, mm			
Виктория-11 / Victoria-11	20,3	38,5	10,2
Олимп / Olympus	22,4	38,5	13,1

Период вегетации незначительно изменялся от гидротермических условий, но прямой зависимости не отмечалось, так как напрямую это зависело от влагообеспеченности и температуры в период вегетации.

В 2018 году общая сумма положительных температур сорта Виктория-11 периода начала вегетации – уборка составила 1638 °C, для сорта Олимп – 1602 °C, в 2019 году, соответственно – 1824 °C. В 2020 году снижалась к предыдущим годам и достигала у сортов 1548-1512 °C.

Роль осадков периода май-июнь очень значима, а осадков июля неоднозначна: так, осадки этого периода на величину урожайности практически не влияют, в основном условия увлажнения данного периода определяют качество зерна и значительно повышают показатель ГТК.

По годам исследований условия увлажнения посевов озимой пшеницы изменялись значительно. Так, величина ГТК в 2018 году была на уровне 0,40-0,41, в 2019 году, соответственно – 0,72, в 2020 году – 0,71-0,73. Эти значения ГТК характерны для очень засушливых и сухих условий. Оценка влагообеспеченности условий вегетации посевов по величине ГТК имеет один недостаток. Так, он не учитывает величину весенних запасов влаги в почве перед посевом, что обеспечивает изменения урожайности по годам, за 2018 г., 2019 г. и 2020 г. (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели урожайности озимой пшеницы за 2018-2020, т/га /

Table 3 – Winter wheat yield indicators for 2018-2020, t / ha

Вариант / Option	Год / Year				
	2018	2019	2020	Среднее за три года / Three year average	Процент к кон- тролю / The percentage to the control
Сорт Виктория-11 / Grade Victoria-11					
Контроль (б/у) / Control (b/o)	5,00	4,10	3,85	4,32	100
N ₆₀	5,74	4,75	4,54	5,01	115,9
Гумат+7 / Humate+7	5,10	4,23	3,95	4,43	102,5
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	5,05	4,20	3,90	4,38	101,4
Экосс-20+S / Ecosse-20+S	5,02	4,18	3,90	4,36	100,9
Сорт Олимп / Olymvariety					
Контроль (б/у) / Control (b/o)	2,28	3,60	3,70	3,19	100
N ₆₀	2,70	4,20	4,50	3,80	119,1
Гумат+7 / Humate+7	2,59	3,80	4,02	3,47	108,7
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	2,54	3,80	3,78	3,37	105,6
Экосс-20+S / Ecosse-20+S	2,57	3,75	3,84	3,38	105,9

2018 г. НСР₀₅ (общая) – 0,20, фактор А (сорта) – 0,09, фактор В (питание) – 0,14, АВ-0,20

2019 г. НСР₀₅ (общая) – 0,06, фактор А (сорта) – 0,02, фактор В (питание) – 0,04, АВ-0,02

2020 г. НСР₀₅ (общая) – 0,02, фактор А (сорта) – 0,04, фактор В (питание) – 0,07, АВ-0,06

Выводы. В результате исследований были достигнуты следующие показатели: изучаемые сорта озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп выше формировали урожайность в варианте внесения весенней подкормки минеральным азотом в дозе N₆₀, величина которой за годы исследований в среднем составила, соответственно, по сортам 5,01 и 3,80 т/га, что выше по отношению к контролю на 115,9 и 119,1 %. Прибавка урожайности от применения гуматов и жидкого удобрения к контролю у сорта Виктория-11 – от 100,9 до 102,5 %, у сорта Олимп, соответственно, от 105,6 до 108,7 %.

Библиографический список

1. Агрофизические аспекты формирования запасов влаги при различных способах обработки почв / Е. П. Денисов, К. Е. Денисов, И. С. Полетаев, Е. В. Полуэктов // Аграрный научный вестник. Естественные науки. 2016. № 9. С. 21-26.
2. Азизов З. М., Ахипов В. В., Имашев И. Г. Устойчивость производства зерна в севооборотах степи Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 4-9.
3. Бондаренко А. Н., Гусакова Н. Н., Жук Е. А. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур // Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 4-8.

4. Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // В. И. Мазалов, О. И. Мосина, Н. Г. Хмызова, М. М. Донской // Земледелие. 2019. № 4. С. 19-21.

5. Сапунков В. Л., Тихонов Н. И. Экологическое испытание сортов мягкой пшеницы в условиях степной зоны чернозёмных почв Волгоградской области // Фермер Поволжья. 2015. № 5. С. 28-32.

6. Солодовников А. П., Левкина А. Ю. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29-35.

7. Урожайность и основные элементы продуктивности у сортов озимой пшеницы интенсивного типа селекции ВНИИЗК / О. В. Скрипка, А. П. Самофалов, С. В. Подгорный, С. Н. Громова // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 30-32.

8. Фадеева И. Д., Тагиров М. Ш., Газиров И. Н. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность новых сортов озимой пшеницы // Земледелие. 2019. № 3. С. 21-24.

9. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Роль способов основной обработки почвы в накоплении почвенной влаги и использования атмосферных осадков при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 1-6.

10. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Влияние способов основной обработки на изменение агрофизических показателей и урожайность озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 112-119.

11. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Роль способов основной обработки почвы в накоплении почвенной влаги и использования атмосферных осадков при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 1-6.

12. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы / А. Н. Есаулко, Г. А. Гарибджанян, Е. В. Голосной, Н. В. Громова // Земледелие. 2020. № 3. С. 38-40.

Conclusion. As a result of the research, the following results were achieved: the studied varieties of winter wheat Victoria-11 and Olymp above formed a yield on the option of applying spring fertilization with mineral nitrogen at a dose of N60, the value of which over the years of research averaged 5.01 and 3.80 t/ha, respectively, which is higher in relation to the control by 115.9 and 119.1 %. The increase in yield from the use of humates and liquid fertilizer to control in the Victoria-11 variety from 100.9 to 102.5 %, in the Olymp variety from 105.6 to 108.7%, respectively.

References

1. Agrophysical aspects of the formation of moisture reserves under different methods of soil treatment / E. P. Denisov, K. E. Denisov, I. S. Poletaev, E. V. Poluektov // Agrarian science Herald. Natural sciences. 2016. No. 9. P. 21-26.

2. Azizov Z. M., Arkhipov V. V., Imashev I. G. Sustainability of grain production in crop rotations of the Lower Volga steppe // Agrarian Scientific Journal-2020. No. 7. P. 4-9.

3. Bondarenko A. N., Gusakova N. N., Zhuk E. A. The influence of mineral nutrition on yield and grain quality of winter grain crops // Agricultural research magazine. 2020. No. 2. P. 4-8.

4. Effect of different doses of nitrogen fertilizer on yield and grain quality of winter wheat / V. I. Mazalov, A. I. Mosina, N. G. Hmizova, M. M. Donskoy // Agriculture. 2019. No. 4. P. 19-21.

5. Sapunkov V. L., Tikhonov N. I. Environmental testing varieties of soft wheat in the conditions of steppe zone chernozemnyh soils of the Volgograd region // Farmer Of The Volga Region. 2015. No. 5. P. 28-32.

6. Solodovnikov A. P., Levkin A. Yu. Effect of methods of tillage and agrochemicals on yield and quality of winter wheat in Saratov Zavolzhye // Agricultural research magazine. 2020. No. 3. P. 29-35.

7. Yield and the main productivity elements of winter wheat varieties of the intensive type of breeding VNIISK / O. V. Skripka, A. P. Samofalov, S. V. Podgorny, S. N. Gromova // Achievements of science and techniciapk. 2016. No. 9. P. 30-32.

8. Fadeeva I. D., Tagirov M. Sh., Gazirov I. N. The influence of sowing dates and seeding rates on the yield of new varieties of winter wheat // Agriculture. 2019. No. 3. P. 21-24.

9. Chursin V. N., Kubrakov E. V. The role of methods of primary tillage in the accumulation of soil moisture and use of precipitation during the winter wheat growing on light chestnut soils of the Volgograd region // Proceedings of lower Volga Agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2018. № 4 (52). P. 1-6.

10. Chursin V. N., Kubrakov E. V. Influence of ways of the main processing change parameters and yield of winter wheat on light chestnut soils of the Volga-don interfluvium // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2019. № 2 (54). P. 112-119.

11. Chursin V. N., Kubrakov E. V. The Role of methods of primary tillage in the accumulation of soil moisture and use of precipitation during the winter wheat growing on light chestnut soils of the Volgograd region // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2018. № 4 (52). Pp. 1-6.

12. Efficiency of application of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers in early spring fertilizing of winter wheat crops / A. N. Osaulko, G. A. Shiraki, Y. V. Golosnoy, N. In. Gromova // Expo – 2020. No. 3. Pp. 38-40.

Author information

Churzin Viktor Nikolaevich, Professor of the Department of Plant breeding and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences.

<https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rasteniievodstvo44@mail.ru

Dubovchenko Dmitriy Olegovich, post-graduate student of the Department of crop Production, selection and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation).

<https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

Информация об авторах

Чурзин Виктор Николаевич, профессор кафедры «Растениеводство селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

<https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rasteniievodstvo44@mail.ru

Дубовченко Дмитрий Олегович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

<https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-12

PROMISING VARIETIES OF SPRING SOFT WHEAT OF KAMYSHINSKY SELECTION

A. V. Zelenev¹, I. N. Markova²

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Agrarian University*

²*Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*

Received 19.03.2021

Submitted 22.05.2021

Summary

The article presents the data of a three-year study of the productivity and adaptability of a new variety of spring soft wheat of the Kamyshtinsky Furor selection in comparison with local varieties and the regional standard in the conditions of the Lower Volga region. The influence of individual elements of productivity on crop productivity is revealed. The data of the analysis of the quality of grain of the new variety and local varieties are presented.

Abstract

Introduction. Spring wheat is the main export and food crop of Russia. Obtaining high-quality grain of this crop is associated with the dry climate of the Lower Volga region, but at the same time, these same conditions reduce its yield. Unsystematic management of primary seed production led to a change in the parameters of the Kamyshinskaya 3 variety. To eliminate these adverse effects, it was decided to improve the variety of spring soft wheat Kamyshinskaya 3 by individual selection, to identify the most productive lines that form high-quality grain, adapted to the dusty smut, cultivation technology and changing weather conditions. As a result of the selection process, the number of lines No. 19 was selected and increased, and later it was called the Zinaida variety. With the help of individual selection from the variety of the Saratov selection Favorite, a promising variety of spring soft wheat Furor was created and submitted for state testing in 2020. **Object.** The object of research was varieties of spring soft wheat. **Materials and methods.** Research on the study of various varieties of spring soft wheat was carried out in 2018-2020 at the experimental field of the Kamyshinsky Laboratory of Breeding, Seed Production and Nursery Breeding of the Federal State Budgetary Research Institution of the Russian Academy of Sciences. The soil was typical for the conditions of the dry-steppe zone – chestnut, heavy loam, medium-thick. Humus in the arable 0-30 cm layer of soil contained 1.8-2.4 %, gross nitrogen and phosphorus 0.06 and 0.11 %, respectively. The technology of cultivation of spring wheat is generally accepted for the dry-steppe zone. Weather conditions in the years of research for spring wheat were unfavorable, especially in 2019, which led to a shortage of grain. In 2018, at the beginning of the growing season of spring wheat, a small amount of precipitation fell, which affected the height of the plants, further precipitation allowed the formation of the largest number of grains in the ear, which positively affected the yield of this crop. It should be noted the positive impact of precipitation at the beginning of the growing season of spring wheat in combination with the low average monthly air temperature in May 2020. However, despite the continued lack of productive precipitation and increased temperature, spring wheat has formed a high yield, while having a maximum plant height and a mass of 1000 grains. The area of the experimental plot was 25 m² in four repetitions. The collection of sheaf samples and harvesting of spring wheat was carried out according to the method of the State Commission. **Results and Conclusions.** In 2015, a plant was selected from the Favorit variety, which is the standard of spring soft wheat, in the process of varietal weeding, which became the ancestor of the new Furor variety. This plant differed from the standard in large productivity parameters, had significant spinous processes that reached 2.5-4 cm, the plant had 3 well-developed spikelets of 13-15 spikelets each. The number of grains in the ears was 28, 29 and 32 pieces. The weight of 1000 grains was 34.5 g. The variety was red-grain, more in demand in production. The tallest plants of spring soft wheat were formed in the Zinaida variety – 80.3 cm. The plants of the Furor, Kamyshinskaya 3 and Favorit varieties exceeded the standard Tulaykovskaya Zolotaya in height, respectively, by 3; 2.7 and 2 cm. The greatest number of spikelets in the ear was in the varieties Furor and Favorit, respectively, 13.1 and 13.0 pieces. The highest productive bushiness of plants was provided in the Favorit variety – 1.5, which is higher than in the Tulaykovskaya Zolotaya standard variety by 9.5 %. In the spring wheat varieties Furor, Zinaida and Kamyshinskaya 3, this indicator was the same and was 1.47. The largest number of grains in the ear was formed in the Zinaida variety – 24.5 pcs. The number of grains in the Furor and Kamyshinskaya 3 varieties was higher than the control Tulaykovskaya Zolotaya by 1.5 and 0.7 pcs. The highest weight of 1000 grains was provided in the varieties Furor, Kamyshinskaya 3 and Zinaida, respectively, 29.1; 29.3 and 29.9 g. The highest content of raw protein in the grain of spring soft wheat was provided in the varieties Furor, Zinaida and Kamyshinskaya 3, respectively, 15.7, 15.8 and 15.9 %. The quality of grain in these varieties according to this indicator corresponded to the first class. According to the amount of raw gluten, the first class corresponded to the grain only in the Furor variety – 33.3 %. In the varieties Kamyshinskaya 3, Favorit and Zinaida, the grain in this indicator corresponded to the second class and, respectively, was 28.3, 28.9 and 29.1 %. The quality of the spring soft wheat grain corresponded to the third class only in the Favorit variety – 78 units, the other varieties had the highest class grain. The most adapted to the arid conditions of the Volgograd region were the varieties of spring soft wheat Favorit and the new variety Furor selected from it, which had an average coefficient of adaptability of 111.2 and 121.8%, respectively.

The highest yield of spring soft wheat was provided in the Furor variety – 1.57 t/ha. The yield of the Favorite variety was slightly lower – 1.43 t/ha, which was 0.34 t/ha or 31.2 % higher than in the control variant. The Zinaida variety exceeded the standard by 0.13 t/ha or 11.9 %. At the level with the standard, the yield of spring soft wheat Kamyshinskaya 3 – 1.14 t/ha was formed.

Key words: *soft spring wheat, variety, plant height, number of spikelets and grains per ear, productive bushiness, weight of 1000 grains, crude protein content, quantity and quality of raw gluten, adaptability, yield.*

Citation. Zelenov A. V., Markova I. N. Promising varieties of spring soft wheat of Kamyshinsky selection *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2021. 2(62). 25-26. 109-119 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-12.

Author's contribution. The authors were directly involved in the planning, execution and discussion of the research, as well as studied and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors do not express any differences of interest.

УДК 633.11

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КАМЫШИНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

А. В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Н. Маркова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных
мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 19.03.2021

Дата принятия к печати 22.05.2021

Актуальность. Яровая пшеница является главной экспортной и продовольственной культурой России. Получение качественного зерна этой культуры связано с сухим климатом Нижнего Поволжья, но в то же время эти же условия снижают ее урожайность. Бессистемное ведение первичного семеноводства привело к изменению параметров сорта Камышинская 3. Чтобы исключить эти неблагоприятные последствия, было принято решение усовершенствовать сорт пшеницы яровой мягкой Камышинская 3 методом индивидуального отбора, выделить наиболее урожайные линии, формирующие качественное зерно, адаптированные к пыльной головне, технологии возделывания и меняющимся погодным условиям. В итоге выполненного селекционного процесса отобрали и увеличили количество линии № 19, впоследствии ее назвали сортом Зинаида. С помощью индивидуального отбора из сорта саратовской селекции Фаворит создан и передан на государственное испытание в 2020 году перспективный сорт пшеницы яровой мягкой Фурор. **Объект.** Объектом исследований являлись сорта яровой мягкой пшеницы. **Материалы и методы.** Исследования по изучению различных сортов яровой мягкой пшеницы проводили в 2018-2020 годах на экспериментальном поле Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН. Почва была типичной для условий сухостепной зоны – каштановая, тяжелосуглинистая, среднемощная. Гумуса в пахотном 0-30 см слое почвы содержалось 1,8-2,4 %, валового азота и фосфора – 0,06 и 0,11 %, соответственно. Технология возделывания яровой пшеницы – общепринятая для сухостепной зоны. Погодные условия в годы исследований для яровой пшеницы складывались неблагоприятно, особенно в 2019 году, что привело к недобору зерна. В 2018 году в начале вегетации яровой пшеницы выпало незначительное количество осадков, что повлияло на высоту растений, дальнейшие осадки позволили сформировать наибольшее число зерен в колосе, что положительно сказалось на урожайности данной культуры. Следует отметить положительное влияние осадков в начале вегетации яровой пшеницы в совокупности с низкой среднемесячной температурой воздуха в мае 2020 года. Однако, несмотря на дальнейшее отсутствие продуктивных осадков и повышенную температуру, яровая пшеница сформировала высокую урожай-

ность, при этом были максимальными высота растений и масса 1000 зерен. Площадь опытной делянки составляла 25 м² в четырех повторениях. Взятие сноповых образцов и уборку урожая яровой пшеницы осуществляли по методике Госкомиссии. **Результаты и выводы.** В 2015 году из сорта Фаворит, являющегося стандартом яровой мягкой пшеницы, в процессе сортовой прополки отобрали растение, которое стало родоначальником нового сорта Фурор. Это растение отличалось от стандарта большими параметрами продуктивности, имело значительные остевидные отростки, которые достигали 2,5–4 см, растение имело 3 хорошо развитых колоса по 13–15 колосков в каждом. Число зерен в колосках было 28, 29 и 32 шт. Масса 1000 зерен равнялась 34,5 г. Сорт был краснозерным, более востребованным в производстве. Самые высокие растения яровой мягкой пшеницы формировались у сорта Зинаида – 80,3 см. Превышали стандарт Тулайковская Золотистая по высоте растения сортов Фурор, Камышинская 3 и Фаворит, соответственно на 3; 2,7 и 2 см. Наибольшее количество колосков в колосе было у сортов Фурор и Фаворит, соответственно 13,1 и 13,0 шт. Самая высокая продуктивная кустистость растений обеспечивалась у сорта Фаворит – 1,5, что выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 9,5 %. У сортов яровой пшеницы Фурор, Зинаида и Камышинская 3 этот показатель был одинаковым и составлял 1,47. Наибольшее количество зерен в колосе формировалось у сорта Зинаида – 24,5 шт. Выше контроля Тулайковская Золотистая на 1,5 и 0,7 шт. было количество зерен у сортов Фурор и Камышинская 3. Самая высокая масса 1000 зерен обеспечивалась у сортов Фурор, Камышинская 3 и Зинаида, соответственно 29,1; 29,3 и 29,9 г. Наибольшее содержание сырого белка в зерне яровой мягкой пшеницы обеспечивалось у сортов Фурор, Зинаида и Камышинская 3, соответственно 15,7; 15,8 и 15,9 %. Качество зерна у этих сортов по этому показателю соответствовало первому классу. По количеству сырой клейковины первому классу соответствовало зерно только у сорта Фурор – 33,3 %. У сортов Камышинская 3, Фаворит и Зинаида зерно по этому показателю соответствовало второму классу и, соответственно, равнялось 28,3; 28,9 и 29,1 %. Качество зерна пшеницы яровой мягкой соответствовало третьему классу только у сорта Фаворит – 78 единиц, у остальных сортов зерно было высшего класса. Самыми адаптированными к засушливым условиям Волгоградской области были сорта яровой мягкой пшеницы Фаворит и отобранный из него новый сорт Фурор, у которых коэффициент адаптивности в среднем, соответственно, составлял 111,2 и 121,8 %. Наибольшая урожайность яровой мягкой пшеницы обеспечивалась у сорта Фурор – 1,57 т/га. Несколько ниже формировал урожайность сорт Фаворит – 1,43 т/га, что на 0,34 т/га, или 31,2 % было выше, чем в контрольном варианте. Сорт Зинаида превышал стандарт на 0,13 т/га, или 11,9 %. На уровне со стандартом формировала урожайность яровая мягкая пшеница Камышинская 3 – 1,14 т/га.

Ключевые слова: сорта пшеницы яровой мягкой, высота растений пшеницы, продуктивная кустистость пшеницы яровой, масса 1000 зерен, содержание сырого протеина, количество сырой клейковины, адаптивность пшеницы яровой.

Цитирование. Зеленев А. В., Маркова И. Н. Перспективные сорта яровой мягкой пшеницы Камышинской селекции. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 109–119. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-12.

Авторский вклад. Авторы осуществляли непосредственную деятельность в планировании, исполнении и обсуждении исследований, а также изучили и одобрили итоговый вариант статьи.

Конфликт интересов. О разногласии интересов авторы не сообщают.

Введение. Долгое время на Юго-Востоке Российской Федерации яровая пшеница оставалась главной экспортной и продовольственной культурой. Широкое распространение в засушливых районах она приобрела за счет способности развивать достаточно мощную корневую систему. Получение высококачественного зерна яровой пшеницы связано с сухим климатом Нижнего Поволжья, но в то же время эти обстоятельства снижали ее урожайность. Поэтому именно в такой ситуации стали создаваться основные научные учреждения, целью которых была селекция перспективных адаптированных к засушливым условиям сортов пшеницы яровой мягкой. Селекция по разработке новых сортов пшеницы

яровой мягкой на Камышинской опытной станции выполнялась с 1936 года. В самом начале исследования занимался Д. Грабе, потом их продолжили в 1947 году Н. В. Покровский и З. Ф. Шишанова. В результате в 1958 году была отобрана новая линия Альбидум 54/62, которая стала сортом Камышинская 3. Данный сорт значительно превышал по урожайности стандарт Альбидум 43, был устойчив к пыльной головне, соответствовал уровню сильных пшениц, в результате чего в 1972 году был внесен в реестр рекомендованных к использованию сортов во 2 зоне Волгоградской области. Впоследствии пшеница яровая мягкая Камышинская 3 получила повсеместную популяризацию не только в Нижнем Поволжье, но и в некоторых регионах нашей страны, а также за рубежом [3, 9, 10, 12, 14].

Резкое сокращение спроса на семена высоких репродукций, сокращение посевов пшеницы яровой мягкой произошло в результате изменений в структуре посевных площадей. Перемена параметров сорта Камышинская 3 случилась из-за бессистемного ведения первичного семеноводства. В результате в убыток боковым колосьям увеличилась крупность и количество зерна в основном колосе. Устойчивость сорта к пыльной головне существенно снизилась. Для того чтобы исключить эти неблагоприятные последствия, было принято решение усовершенствовать сорт пшеницы яровой мягкой Камышинская 3 методом индивидуального отбора, выделить наиболее урожайные линии, формирующие качественное зерно, адаптированные к пыльной головне, технологии возделывания и меняющимся погодным условиям. Наследственные отклонения, которые дают в процессе возделывания сорта самоопылители, можно применять методом повторного отбора в дальнейшей селекционной работе [7, 8, 11, 13, 15].

В итоге выполненного селекционного процесса отобрали и увеличили количество линии № 19, впоследствии ее назвали сортом Зинаида в честь З. Ф. Шишановой, которая создала пшеницу Камышинская 3. Селекция пшеницы яровой мягкой в настоящее время возобновилась. С помощью индивидуального отбора из сорта саратовской селекции Фаворит создан и передан на государственное испытание в 2020 году перспективный сорт пшеницы яровой мягкой Фурор. Результатам создания и изучения сортов яровой пшеницы Камышинской селекции посвящена данная статья.

Материалы и методы. Исследования по изучению различных сортов яровой мягкой пшеницы проводили в 2018-2020 годах на экспериментальном поле Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН. Почва была типичной для условий сухостепной зоны – каштановая, тяжело-суглинистая, среднемощная. Гумуса в пахотном 0-30 см слое почвы содержалось 1,8-2,4 %, валового азота и фосфора – 0,06 и 0,11 % соответственно. Технология возделывания пшеницы яровой мягкой была общепринятой в сухостепной зоне. В конце августа или начале сентября выполняли вспашку на обычную 20-22 см глубину. Рано весной при физической спелости почвы проводили поверхностное боронование в два следа, далее – предпосевную культивацию и посев.

Метеоусловия для яровой пшеницы в годы исследований складывались очень неблагоприятно, особенно в 2019 году, что привело к недобору зерна. В 2018 году в начале вегетации яровой пшеницы выпало незначительное количество осадков, что повлияло на высоту растений, дальнейшие осадки позволили сформировать наибольшее число зерен в колосе, что положительно сказалось на урожайности данной культуры. Особенно следует отметить положительное влияние осадков в начале вегетации яровой пшеницы в совокупности с низкой среднемесячной температурой воздуха в мае 2020 года. Однако, несмотря на дальнейшее отсутствие продуктивных осадков и высокую температуру, яровая пшеница сформировала довольно высокую урожайность, имея при этом максимальную высоту растений и массу 1000 зерен.

Площадь опытной делянки составляла 25 м² в четырех повторениях. Уборку урожайности пшеницы яровой мягкой и отбор ее снопов проводили по методике государственной комиссии. Для установления достоверности результатов исследований выполняли статистическую обработку урожайных данных по методике Б. А. Доспехова.

Результаты и обсуждение. В 2015 году из сорта Фаворит, являющегося областным стандартом яровой мягкой пшеницы, в процессе сортовой прополки отобрали растение, которое стало родоначальником нового сорта Фурор. Это растение отличалось от стандарта большими параметрами продуктивности, имело значительные остевидные отростки, которые достигали 2,5-4 см, растение имело 3 хорошо развитых колоса по 13-15 колосков в каждом. Число зерен в колосьях было 28, 29 и 32 шт. Масса 1000 зерен равнялась 34,5 г. Немаловажным был и тот факт, что сорт был краснозерным, более востребованным в производстве. Довольно быстро удалось размножить эту линию и в настоящее время получить достаточное количество семян для передачи нового сорта на государственное сортоиспытание. В статье приводятся данные трехлетнего испытания этого сорта, а также исходного сорта Фаворит и нового областного стандарта Тулайковская Золотистая. Кроме того, изложены данные продуктивности сортов Камышинская 3 и Зинаида. Необходимо указать, что в ходе улучшения сорта яровой мягкой пшеницы Камышинская 3 получили следующую закономерность. Величина урожая у отобранных линий напрямую зависела от параметров продуктивности, таких как высота растений, масса 1000 зерен и количество зерен в колосе. Чем выше были эти показатели по всем вышеперечисленным признакам, тем более урожайной являлась отобранная линия. Причем эта зависимость стабильно сохранялась в процессе возделывания.

Исследованиями научных учреждений установлено, что в засушливые годы по сравнению с увлажненными снижается количество растений яровой пшеницы к уборке на 10,9-17,0 %, продуктивных стеблей – 11,4-17,0 %. У раннеспелых сортов пшеницы яровой мягкой в засушливые годы масса 1000 зерен формировалась на уровне 96,9 % от влажных лет, среднеранних – 98,1 % и среднеспелых – 98,9 %. Количество зерен в колосе яровой пшеницы в засуху по сравнению с влажными годами снижалось на 25,9-41,2 % [2, 4]. Данные признаков продуктивности, влияющих на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Признаки продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы
(среднее за 2018-2020 гг.)

Table 1 – Indicators of productivity of spring soft wheat varieties
(average for 2018-2020)

Сорт / Variety	Высота растений, см / Plant height, cm	Количество колосков в колосе, шт. / Number of spikelets per ear, pieces	Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pieces	Продуктивная кустистость / Productive bushiness	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, grams
Тулайковская Золотистая (St) / Tulaykovskaya Zolotaya (St)	74,0	12,1	22,1	1,37	27,2
Фурор / Furor	77,0	13,1	23,6	1,47	29,1
Фаворит / Favorite	76,0	13,0	21,5	1,5	28,4
Зинаида / Zinaida	80,3	12,5	24,5	1,47	29,9
Камышинская 3 / Kamyshinskaya 3	76,7	11,9	22,8	1,47	29,3

Анализируя таблицу, можно прийти к выводу, что самые высокие растения яровой мягкой пшеницы формировались у сорта Зинаида – 80,3 см, что было выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 6,3 см, или 8,5 %. Также превышали стандарт по высоте растения сортов Фурор, Камышинская 3 и Фаворит, соответственно на 3; 2,7 и 2 см.

Наибольшее количество колосков в колосе было у сортов Фурор и Фаворит, соответственно 13,1 и 13,0 шт., что выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 1 и 0,9 шт. Ниже контроля было количество колосков в колосе у растений яровой пшеницы сорта Камышинская 3 на 0,2 шт. и составило 11,9 шт.

Самая высокая продуктивная кустистость растений обеспечивалась у сорта Фаворит – 1,5, что выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 0,13, или 9,5 %. У сортов яровой пшеницы Фурор, Зинаида и Камышинская 3 этот показатель был одинаковым и составлял 1,47. У сорта стандарта продуктивная кустистость была самой низкой и равнялась 1,37.

Масса 1000 зерен и количество зерен в колосе в засушливых условиях оказывают наибольшее влияние на образование урожайности пшеницы яровой мягкой. Наибольшее количество зерен в колосе формировалось у сорта Зинаида – 24,5 шт., что выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 2,4 шт., или 10,9 %. Выше контроля на 1,5 и 0,7 шт. было количество зерен у сортов Фурор и Камышинская 3. Только у сорта Фаворит этот показатель был меньше, чем у стандарта на 0,6 шт., или 2,7 %.

Масса 1000 зерен обеспечивалась самой высокой у сортов Фурор, Камышинская 3 и Зинаида – 29,1; 29,3 и 29,9 г соответственно, что выше на 1,9; 2,1 и 2,7 г, или 7; 7,7 и 9,9 % по сравнению с сортом стандартом Тулайковская Золотистая. Сорт пшеницы яровой мягкой Фаворит по этому показателю превышал контроль на 1,2 г, или 4,4 %. Корреляция урожайности с этими признаками средняя 0,6 и 0,67.

Проведенными исследованиями научных учреждений установлено, что у исследуемых сортов пшеницы яровой средние показатели содержания сырой клейковины варьировали в пределах от 23 % до 32,5 %, а содержание белка в зерне не превышало 16,0-19,3 % [1, 6]. По данным химической лаборатории содержание клейковины, сырого белка, а также качество клейковины в зерне перспективных сортов Фурор и Зинаида соответствовали категории сильных пшениц (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества зерна пшеницы яровой мягкой (среднее за 2018-2020 гг.)

Table 2 – Quality indicators of spring soft wheat grain (average for 2018-2020)

Сорт / Variety	Содержание сырого протеина, % / Crude protein content, %	Количество сырой клейковины, % / Amount of raw gluten, %	Качество сырой клейковины, ИДК / Raw gluten quality, IDC
Тулайковская Золотистая (St) / Tulaykovskaya Zolotaya (St)	15	30,1	75
Фурор / Furor	15,7	33,3	71
Фаворит / Favorite	13,9	28,9	78
Зинаида / Zinaida	15,8	29,1	68
Камышинская 3 / Kamyshinskaya 3	15,9	28,3	68

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что самое высокое содержание сырого белка в зерне яровой мягкой пшеницы обеспечивалось у сортов Фурор, Зинаида и Камышинская 3, соответственно 15,7; 15,8 и 15,9 %, что было выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая, на 0,7; 0,8 и 0,9 %. Качество зерна у этих сортов по этому показателю соответствовало первому классу. Самое низкое содержание белка в зерне обеспечивалось у сорта Фаворит – 13,9 %, что соответствовало второму классу.

По количеству сырой клейковины первому классу соответствовало зерно только у сорта Фурор – 33,3 %, что было выше, чем у стандарта Тулайковская Золотистая на 3,2 %. У сортов Камышинская 3, Фаворит и Зинаида зерно по этому показателю соответствовало второму классу и, соответственно, равнялось 28,3; 28,9 и 29,1 %.

У всех сортов пшеницы яровой мягкой качество зерна было высшего класса, помимо сорта Фаворит, у которого оно соответствовало третьему классу и равнялось 78 единиц.

Ключевым условием образования стабильного и высокого урожая пшеницы яровой мягкой в современном производстве считается расширение состава и создание перспективных сортов, адаптированных к требованиям зональных условий [5]. В связи с этим продуктивные свойства сортов пшеницы яровой мягкой являются более значимыми, чем адаптивные. Коэффициенты адаптивности считали по Л. А. Животкову.

Особенности приспособления сортов пшеницы мягкой яровой к местным условиям рассчитывают по показателям коэффициента адаптивности. Сорт считается потенциально продуктивным в том случае, если коэффициент адаптивности превышает 100 %. Коэффициенты адаптивности перспективных сортов пшеницы яровой мягкой представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты адаптивности сортов пшеницы яровой мягкой, %

Table 3 – Coefficients of adaptability of spring soft wheat varieties, %

Сорт / Variety	Коэффициент адаптивности / Adaptability factor			Среднее / Average
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	
Тулайковская Золотистая (St) / Tulaykovskaya Zolotaya (St)	87,4	75,9	89,3	84,2
Фурор / Furor	117,7	127,1	120,6	121,8
Фаворит / Favorite	109,1	116	108,4	111,2
Зинаида / Zinaida	94,6	97,3	90,6	94,5
Камышинская 3 / Kamyshinskaya 3	91,0	83,6	89,3	88,0

Анализируя данные таблицы, можно прийти к выводу, что самыми адаптированными к засушливым условиям Волгоградской области были сорта яровой мягкой пшеницы Фаворит и отобранный из него новый сорт Фурор, у которых коэффициент адаптивности в среднем соответственно составлял 111,2 и 121,8 %, что было выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая – на 27 и 37,6 %. Коэффициент адаптивности у сортов Зинаида и Камышинская 3 также превышал контрольный вариант, соответственно на 10,3 и 3,8 %, но он был ниже 100 %.

Хозяйственная урожайность исходных и новых сортов яровой мягкой пшеницы, а также областного стандарта Тулайковская Золотистая приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Урожайность хозяйственная сортов пшеницы яровой мягкой, т/га

Table 4 – Agricultural yield of spring soft wheat varieties, t/ha

Сорт / Variety	Урожайность / Yield			
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	Средняя / Average
Тулайковская Золотистая (St) / Tulaykovskaya Zolotaya (St)	1,21	0,89	1,17	1,09
Фурор / Furor	1,63	1,49	1,58	1,57
Фаворит / Favorite	1,51	1,36	1,42	1,43
Зинаида / Zinaida	1,31	1,14	1,2	1,22
Камышинская 3 / Kamyshinskaya 3	1,26	0,98	1,17	1,14
НСР ₀₅ , т/га / SSD ₀₅ , t/ha	0,05	0,04	0,06	0,05

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что самым продуктивным для яровой мягкой пшеницы был 2018 год, в котором эта культура сформировала урожайность на уровне 1,21-1,63 т/га. В 2019 году сорта яровой пшеницы обеспечивали самую низкую урожайность – 0,89-1,49 т/га. 2020 год по урожайности сортов яровой

мягкой пшеницы занимал промежуточное положение – 1,17-1,58 т/га. Причем сорта Камышинская 3 и Зинаида формировали урожайность на уровне со стандартом Тулайковская Золотистая. Только сорта Фурор и Фаворит в этом году существенно превышали контроль на 35,0 и 21,4 % соответственно.

Наибольшая урожайность пшеницы яровой мягкой в среднем обеспечивалась у сорта Фурор – 1,57 т/га, что на 0,48 т/га, или 44,0 % выше, чем у сорта стандарта Тулайковская Золотистая. Несколько ниже формировал урожайность сорт Фаворит – 1,43 т/га, что на 0,34 т/га или 31,2 % было выше, чем в контрольном варианте. Сорт Зинаида превышал стандарт на 0,13 т/га, или 11,9 %. Причем прибавка урожайности этих сортов была достоверной, математически доказанной. На уровне со стандартом формировала урожайность яровая мягкая пшеница Камышинская 3 – 1,14 т/га.

Выводы. Испытания в условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области перспективного сорта пшеницы яровой мягкой Фурор подтвердили его высокую продуктивность по сравнению со стандартом Тулайковская Золотистая и местным сортом Камышинская 3. Данный сорт более адаптирован к местным климатическим условиям. По технологическим свойствам зерна он относится к сильным пшеницам.

Библиографический список

1. Ахтариева М. К., Белкина Р. И. Белок и клейковина в зерне мягкой пшеницы сортов сибирской селекции в условиях Северного Зауралья // Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 34-40.
2. Воробьев В. А., Воробьев А. В. Влияние влагообеспеченности вегетационного периода на смену рангов сортов яровой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 8. С. 29-32.
3. Лаптина Ю. А., Бугреев Н. А., Шарапова Е. А. Продуктивность зерновых культур в богарных условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 27-33.
4. Накопление белка и клейковины в зерне раннеспелых и среднеранних сортов яровой пшеницы на серых лесных почвах / Е. П. Кондратенко, Е. А. Егушова, А. А. Косолапова, И. А. Сергеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 17-22.
5. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья / П. В. Поползухин, П. Н. Николаев, Н. И. Аниськов, О. А. Юсова, И. В. Сафонова // Земледелие. 2018. № 3. С. 40-43.
6. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 19-26.
7. Порсев И. Н., Торопова Е. Ю., Малинников А. А. Фитосанитарная и продукционная оценка роли сортов и фунгицидов в технологии возделывания яровой пшеницы в Зауралье // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2 (18). С. 55-59.
8. Постников П. А. Оценка гороха как предшественника для яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1(29). С. 15-21.
9. Романов Б. В., Пимонов К. И., Липский Д. Д. Продукционные особенности пшеницы *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 172-182.
10. Селиванова В. Ю., Болдырь Д. А. Энергоэффективность осадков вегетационного периода яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 196-203.
11. Сортосовый состав и новые перспективные сорта яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ / Л. Т. Мальцева, Н. Ю. Банникова, Е. А. Филиппова, А. Г. Ефимова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 46-48.
12. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Агротехнологические приемы повышения урожайности озимых и яровых зерновых культур в условиях Астраханской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1(43). С. 3-6.

13. Influence of mineral fertilizers, seed treatment and herbicide on the yield of spring wheat in the conditions of the Republic of Tatarstan / M. Amirov, I. Serzhanov, F. Shaikhutdinov, A. Serzhanova, K. Partoev // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700075>.

14. Productivity and grain quality of various types of spring wheat depending on seeding rates and nutrition background on gray forest soil of the Pre-Kama Region of the Republic of Tatarstan / F. Shaikhutdinov, M. Amirov, I. Serzhanov, R. Garaev, A. Akköprü // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700076>.

15. The effectiveness of direct sowing technology in the cultivation of spring wheat in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region / A. Toigildin, M. Podsevalov, D. Ayupov, V. Syromyatnikov // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700129>.

Conclusions. Tests in the conditions of the dry-steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region of the promising variety of spring soft wheat Furor confirmed its high productivity in comparison with the standard Tulaykovskaya Zolotaya and the local variety Kamyshinskaya 3. This variety is more adapted to local climatic conditions. According to the technological properties of the grain, it belongs to strong wheat.

References

1. Ahtarieva M. K., Belkina R. I. Belok i klejkovina v zerne myagkoj pshenicy sortov sibirskoj selekcii v usloviyah Severnogo Zaural'ya // Permskij agrarnyj vestnik. 2018. № 4 (24). P. 34-40.

2. Vorob'ev V. A., Vorob'ev A. V. Vliyanie vlagoobespechennosti vegetacionnogo perioda na smenu rangov sortov yarovoj pshenicy po urozhajnosti i jelementam ee struktury // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. № 8. P. 29-32.

3. Laptina Yu. A., Bugreev N. A., Sharapova E. A. Produktivnost' zernovykh kul'tur v bogarnykh usloviyah na svetlo-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 10. P. 27-33.

4. Nakoplenie belka i klejkoviny v zerne rannespelykh i srednerannykh sortov yarovoj pshenicy na serykh lesnykh pochvah / E. P. Kondratenko, E. A. Egushova, A. A. Kosolapova, I. A. Sergeeva // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 3 (137). P. 17-22.

5. Ocenka produktivnosti i adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Sibirskogo Priirtysh'ya / P. V. Popolzuhin, P. N. Nikolaev, N. I. Anis'kov, O. A. Yusova, I. V. Safonova // Zemledelie. 2018. № 3. P. 40-43.

6. Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Jefferktivnost' prognoza soderzhaniya syroj klejkoviny v zerne pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4 (64). P. 19-26.

7. Porsev I. N., Toropova E. Yu., Malinnikov A. A. Fitosanitarnaya i produkcionnaya ocenka roli sortov i fungicidov v tehnologii vzdelyvaniya yarovoj pshenicy v Zaural'e // Vestnik Kurganskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. № 2 (18). P. 55-59.

8. Postnikov P. A. Ocenka goroha kak pedshestvennika dlya yarovoj pshenicy // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 1(29). P. 15-21.

9. Romanov B. V., Pimonov K. I., Lipskij D. D. Produkcionnye osobennosti pshenicy *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). P. 172-182.

10. Selivanova V. Yu., Boldyr' D. A. Jenergojefferktivnost' osadkov vegetacionnogo perioda yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3(51). P. 196-203.

11. Sortovoj sostav i novye perspektivnye sorta yarovoj myagkoj pshenicy selekcii Kurganskogo NIISX / L. T. Mal'ceva, N. Yu. Bannikova, E. A. Filippova, A. G. Efimova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 5 (55). P. 46-48.

12. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Agrotehnologicheskie priemy povysheniya urozhajnosti ozimyh i yarovyh zernovykh kul'tur v usloviyah Astrahanskoj oblasti // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2020. № 1(43). P. 3-6.

13. Influence of mineral fertilizers, seed treatment and herbicide on the yield of spring wheat in the conditions of the Republic of Tatarstan / M. Amirov, I. Serzhanov, F. Shaikhutdinov, A. Serzhanova, K. Partoev // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700075>.

14. Productivity and grain quality of various types of spring wheat depending on seeding rates and nutrition background on gray forest soil of the Pre-Kama Region of the Republic of Tatarstan / F. Shaikhutdinov, M. Amirov, I. Serzhanov, R. Garaev, A. Akköprü // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700076>.

15. The effectiveness of direct sowing technology in the cultivation of spring wheat in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region / A. Toigildin, M. Podsevalov, D. Ayupov, V. Syromyatnikov // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700129>.

Authors Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, «Volgograd state agrarian University» (Volgograd state agricultural University) (26 Universitetsky Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences, tel. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Markova Irina Nikolaevna, senior researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-927-524-90-41, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554> E-mail: irynamarckOva@yandex.ru

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> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Маркова Ирина Николаевна, старший научный сотрудник Камышинской 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. 8-927-524-90-41, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554> irynamarckOva@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-13

INFLUENCE OF FOLIAR NUTRITION WITH GROWTH-STIMULATING DRUGS ON THE YIELD AND QUALITY OF VEGETABLE CROPS

A. N. Bondarenko, O. V. Kostyrenko

Federal State Budget Scientific Institution

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

Received 02.12.2020

Submitted 14.05.2021

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 article presents the results of cultivation of red beet and onion with the use of sheet-treatments in conditions of light-chestnut soil under drip method of irrigation. The optimal options that contribute to the formation of a high yield of the studied crops are determined.

Abstract

Introduction. Agriculture of the Astrakhan region is more focused on the production of crop products. Therefore, there is now a need to improve the methods and techniques for cultivating them. **Object.** Bulb onions: Sima, Christina, Gordion and Bayram hybrid F1; table beet: Ethiopka, Mulatka, Khutoryanka,

Bona F1. Materials and methods. For the first time, in the conditions of the subtype of light chestnut saltwater soil on the irrigated land use area of Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» during 2019-2020, the impact of leaf treatments with modern growth-stimulating drugs aimed at increasing the yield of onions and table beets in the drip method of watering was studied. During the research, 2 two-factor field experiences in the culture of bulb onions and table beets were laid by the method of split divides with systematic placement. **Results and conclusions.** In studies on the subtype of light chestnut soil of the Astrakhan region, the positive effect of the use of growth-stimulating drugs when cultivating vegetable crops against the background of the $N_{120}P_{60}K_{60}$ for dining beet and $N_{180}P_{60}K_{60}$ for onions was established. On average, for two years of study (2019... 2020), the increase in the onion yield of the relative control version ranged from + 4, 5 to + 46.7 t/ha, table beets from + 4.1 to + 19, 9 t/ha. The greatest effect in terms of the yield of bulb onions for all varieties and hybrids was achieved from the use of $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Novosil, table beet $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Aminovite. The integrated application of growth-stimulating preparations against the background of various levels of mineral nutrition made it possible to reduce the concentration of nitrates in bulbs and root crops of grown products. Leaf treatments according to the vegetation phases led to a significant accumulation of the mass fraction of sugars and vitamin C.

Key word: onion; table beet; leaf processing; mineral nutrition; mass fraction of dry matter; vitamin C; nitrates.

Citation. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Influence of foliar nutrition with growth-stimulating drugs on the yield and quality of vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 119-131 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-13.

Author's contribution. All the 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.

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

УДК 635:631.811.98

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

А. Н. Бондаренко, кандидат географических наук

О. В. Костыренко, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище

Дата поступления в редакцию 02.12.2020

Дата принятия к печати 14.05.2021

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018-2021 гг. «Усовершенствовать зональные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур с целью эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов Северного Прикаспия» Тема № 0722-2019-0016

Актуальность. Сельское хозяйство Астраханской области в значительной степени ориентировано на производство растениеводческой продукции. В связи с этим в настоящее время возникает необходимость в усовершенствовании способов и приемов их возделывания. **Объект.** Лук репчатый: Сима, Кристина, Гордион и гибрид Байрам F₁; свекла столовая: Эфиопка, Мулатка, Хуторянка, Бона F1. **Материалы и методы.** Впервые в условиях подтипа светло-каштановой солонцеватой почвы на орошаемом участке территории землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2019-2020 гг. было проведено изучение влияния листовых обработок современными ростостимулирующими препаратами, направленными на повышение урожайности лука репчатого и столовой свеклы при капельном способе полива. В ходе НИР методом расщепленных делянок с систематическим размещением были заложены два двухфакторных полевых опыта по культурам: «лук репчатый» и «столовая свекла». **Результаты и выводы.** В исследованиях на подтипе светло-каштановой почвы Астраханской области установлено положительное влияние применения ростостимулирующих препаратов при возделывании овощных культур на фоне $N_{120}P_{60}K_{60}$ для свеклы столовой и $N_{180}P_{60}K_{60}$ для лука репчатого. В среднем за два года изучения (2019...2020 гг.) при-

бавка урожая лука репчатого относительного контрольного варианта составила от +4,5 до +46,7 т/га, свеклы столовой от +4,1 до +19,9 т/га. Наибольший эффект с точки зрения урожайности лука репчатого по всем сортам и гибриду был достигнут от использования $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Новосил, у свеклы столовой $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминолит. Комплексное применение ростостимулирующих препаратов на фоне различных уровней минерального питания позволило снизить концентрацию нитратов в луковичах и корнеплодах выращенной продукции. Листовые обработки по фазам вегетации привели к существенному накоплению массовой доли сахаров и витамина С.

Ключевые слова: возделывание овощных культур, ростостимулирующие препараты, стимуляторы роста растений, внекорневое питание растений.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Влияние внекорневого питания ростостимулирующими препаратами на урожайность и качество овощных культур. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 119-131. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-13.

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 промышленном секторе овощеводства (сельхозорганизации и крестьянско-фермерские хозяйства, без учета хозяйств населения) посевные площади свеклы столовой в целом по России в 2018 году, по данным Росстата, составляли 17,8 тыс. га. Посевные площади репчатого лука находились на отметках в 26,2 тыс. га. На долю Астраханской области в общероссийских посевах лука репчатого в 2018 году приходилось 14,6 % (3,83 тыс. га). Рост площадей за год составлял 0,8 % (0,03 тыс. га). По данным Росстата, в 2018 году Астраханская область даже не вошла в десятку регионов по возделыванию столовой свеклы.

По результатам 2020 года посевные площади столовой свеклы на долю КФХ по Астраханской области пришлось 7,8 тыс. га, лука репчатого – 16,8 тыс. га, что свидетельствует о значительном увеличении площадей по возделыванию данных культур.

Увеличение объемов производства овощной продукции можно достичь только на основе оптимального сочетания различных доз минеральных удобрений, ростостимулирующих препаратов и высокоурожайных отечественных сортов и гибридов [2-4].

К примеру, лук репчатый и свекла столовая имеют особую ценность для пищевого назначения. Данные культуры хорошо реагируют на внесение минеральных удобрений и листовые обработки стимуляторами роста [1, 5-12].

Целью настоящего исследования явилось изучение эффективности применения различных ростостимулирующих препаратов на фоне минеральных удобрений при возделывании лука репчатого и свеклы столовой в условиях Астраханской области.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном орошаемом участке ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН». Изучаемыми объектами служили растения столовой свеклы и лука репчатого. Повторность опытов трехкратная по Доспехову Б. А. (1985 г.). В двухфакторных опытах **фактор А** – сорта и гибриды овощных культур (**лук репчатый**: Сима, Кристина, Гордион и гибрид Байрам F₁; **свекла столовая**: Эфиопка, Мулатка, Хуторянка, Бона F₁), **фактор В** – варианты внекорневых (листовых) обработок препаратами: Аминофол Плюс, Новосил, Аминолит, Здравень Турбо.

Площадь делянки под одним сортом лука репчатого – 96,0 м²; площадь делянки под вариантами – 32,0 м². Площадь учётной делянки – 8,0 м². Общая площадь под изучением **лука репчатого** – 384,0 м².

Площадь делянки под одним сортом столовой свеклы – 60,0 м²; площадь делянки под вариантами – 20,0 м². Площадь учётной делянки – 5,0 м². Общая площадь под изучением **столовой свеклы** – 240,0 м².

Агротехника – общепринятая для почвенно-климатической зоны Северо-Западного Прикаспия.

Лабораторные исследования проводились в ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Астраханский». В растительных образцах определяли: содержание сухого вещества, % (ГОСТ 31640-2012); массовую долю нитратов мг/кг (МУ 548-89), массовую долю витамина С, мг/кг (ГОСТ 24556-89), массовую долю сахара, % (ГОСТ 8756.13-87).

Результаты и обсуждение. В полевых опытах применяли различные дозы минеральных удобрений, индивидуально рассчитанных под каждую культуру. Представленные результаты в таблицах 1 и 2 позволяют сделать вывод о высокой отзывчивости столовой свеклы и лука репчатого на применение минеральных удобрений из расчёта $N_{120}P_{60}K_{60}$ (фон) для свеклы столовой и $N_{180}P_{60}K_6$ (фон) для лука репчатого в комплексе с листовыми обработками.

Так, по результатам проведенных исследований в среднем за два года изучения по возделыванию лука репчатого были получены максимальные показатели биологической урожайности у сорта Кристина – 122,6 т/га и гибрида Байрам F1 – 127,3 т/га на варианте совместного внесения $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Новосил. В среднем за годы исследований прибавка урожая составляла +46,5...+ 46,7 т/га относительно контрольного варианта. Товарная урожайность находилась в диапазоне 110,5...117,2 т/га (таблица 1).

По результатам проведенного анализа урожайности столовой необходимо выделить следующее: в разрезе двух лет изучения совместное использование $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминовит обеспечивало существенное увеличение доли как биологической, так и товарной урожайности, особенно это проявилось у столовой свеклы сорта Эфиопка. Биологическая урожайность составляла в среднем за два года изучения 83,3 т/га, товарная урожайность – 61,3 т/га. Использование минерального удобрения Аминовит для листовых обработок на фоне $N_{120}P_{60}K_{60}$ привело к существенной прибавке к контролю +19,9 т/га (рисунок 2, таблица 2).

Получены математические зависимости между урожайностью культуры лука репчатого, свеклы столовой и вариантами обработок, которые описали корреляционную взаимосвязь этих факторов, при этом можно рассчитать будущую прибавку урожая в зависимости от вариантов листовой обработки при фоновом внесении минеральных удобрений (рисунки 1, 2).

В ходе проведенных исследований был проведен биохимический анализ луков и корнеплодов выращенной продукции. Исследования в течение 2019...2020 гг. изучения показали зависимость содержания сухого вещества, витамина С, массовой доли сахара от вносимых доз минеральных удобрений и листовых обработок по фазам вегетации изучаемых культур.

Проведенный биохимический анализ луков и гибрида лука репчатого возделываемого с использованием листовых обработок ростостимулирующими препаратами выявил, что максимальное содержание сухого вещества 9,5%...10,2% было отмечено у сорта Гордион по двум вариантам с применением антистрессового агрохимиката Аминфол Плюс и природного регулятора роста Новосил, а также у сорта Кристина 9,5 % на варианте с использованием препарата Аминфол Плюс. По сумме сахаров, преимущество было у сорта лука репчатого Кристина на варианте $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Аминофол Плюс – 6,0 %, а также у сорта Сима – 6,5 % на варианте $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Новосил. Исследования также показали, что фоновое внесение расчетной дозы $N_{180}P_{60}K_{60}$ в комплексе с листовыми обработками способствовало существенному накоплению массовой доли витамина С. На вариантах с использованием препарата Новосил по всем сортам и гибриду было зафиксировано максимальное накопление витамина С, который изменялся от 19,5 до 27,9 мг/кг (на сырое вещество) (таблица 3).

Таблица 1 – Урожайность лука репчатого в зависимости от вариантов обработки за 2019...2020 гг.

Table 1 – Yield of onion depending on the treatment options for 2019...2020

Гибрид/ Сорт / Гибрид/ сорт	Вариант/ Option	Урожайность, т/га/ Yield, t / ha			± к контролю, т/га/± to control, t / ha			Товарная урожайность, т/га / Commercial yield, t / ha	
		2019	2020	Среднее за 2019...2020гг./ Secondary for 2019...2020 years	2019	2020	Среднее за 2019...2020гг./ Secondary for 2019...2020 years	2019	2020
Байрам F1, Bayram F1	N180P60K60 фон (контроль/ Control)	93,1	68,5	80,8	-	-	-	87,2	63,0
	N180P60K60 + Аминофол Плюс/ N180P60K60 + Aminobol Plus	98,8	127,4	113,1	5,7	58,9	32,3	84,7	132,2
	N180P60K60 + Новосил/ N180P60K60 + Novosil	116,8	137,8	127,3	23,7	69,3	46,5	105,2	129,2
	N180P60K60 + Здравень- турбо/ N180P60K60 + Zdraven Turbo	98,4	85,5	92,0	5,3	17,0	11,2	87,7	85,5
	N180P60K60 -фон (контроль/ Control)	73,4	78,3	75,9	-	-	-	61,8	68,6
	N180P60K60 + Аминофол Плюс/ N180P60K60 + Aminobol Plus	81,6	136,5	109,1	8,2	58,2	33,2	73,0	128,6
Кристина/ Christina	N180P60K60 + Новосил/ N180P60K60 + Novosil	94,2	150,9	122,6	20,8	72,6	46,7	80,9	140,0
	N180P60K60 + Здравень- турбо/ N180P60K60 + Zdraven Turbo	79,9	130,5	105,2	6,5	52,2	29,4	65,7	119,1
	N180P60K60 -фон (контроль/ Control)	96,1	67,9	82,0	-	-	-	82,1	53,8
	N180P60K60 + Аминофол Плюс/ N180P60K60 + Aminobol Plus	100,0	112,6	106,3	3,9	44,7	24,3	78,4	102,0
	N180P60K60 + Новосил/ N180P60K60 + Novosil	121,0	109,8	115,4	24,9	41,9	33,4	105,8	96,8
	N180P60K60 + Здравень- турбо/ N180P60K60 + Zdraven Turbo	101,1	86,5	93,8	5,0	18,6	11,8	92,1	76,1
Гордон/ Gordon	N180P60K60 -фон (контроль/ Control)	84,1	92,1	88,1	-	-	-	71,8	82,6
	N180P60K60 + Аминофол Плюс/ N180P60K60 + Aminobol Plus	94,0	105,8	99,9	9,9	13,7	11,8	80,9	94,0
	N180P60K60 + Новосил/ N180P60K60 + Novosil	106,8	128,4	117,6	22,7	36,3	29,5	91,8	118,7
	N180P60K60 + Здравень- турбо/ N180P60K60 + Zdraven Turbo	84,3	100,8	92,6	0,2	8,7	4,5	73,6	91,8
	НСР 05 (А)	0,7	0,6						
	НСР 05 (В)	0,7	0,6						
НСР 05 (АВ)		0,6	0,5						
Ошибка опыта / Experience error		0,40	0,43						
t (05)		2,04	2,04						

Таблица 2 – Урожайность свеклы столовой в зависимости от вариантов обработки за 2019...2020 гг.

Table 2 – Table beet yield depending on processing options for 2019 ... 2020

Гибрид/ Сорт / Гибрид/ сорт	Вариант/ Option	Урожайность, т/га/ Yield, t / ha			± к контролю, т/га/ ± to control, t / ha			Товарная урожайность, т/га/ Commercial yield, t / ha	
		2019	2020	Среднее за 2019...2020 гг./ Secondary for 2019...2020 years	2019	2020	Среднее за 2019...2020 гг./ Secondary for 2019...2020 years	2019	2020
Мулатка/ Mulatto	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ -фон (контроль/ Control	57,0	44,2	50,6	-	-	-	22,4	37,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	71,5	62,8	67,2	14,5	18,6	16,6	41,2	53,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminobol Plus	58,9	54,2	56,6	1,9	10,0	6,0	26,2	46,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Novosil	66,6	50,4	58,5	9,6	6,2	7,9	32,4	46,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ -фон (контроль/ Control	49,3	49,0	49,2	-	-	-	23,0	43,6
Хуторянка/ Khutorianka	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	55,1	60,2	57,7	5,8	11,2	8,5	29,2	50,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminobol Plus	52,8	61,6	57,2	3,5	12,6	8,1	26,8	47,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Novosil	54,9	51,6	53,3	5,6	2,6	4,1	23,2	37,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ -фон (контроль/ Control	63,5	47,0	55,3	-	-	-	47,4	42,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	72,3	59,2	65,8	8,8	12,2	10,5	55,4	49,4
Бона F ₁ / Bona F ₁	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminobol Plus	64,8	55,4	60,1	1,3	8,4	4,9	52,2	41,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Novosil	67,3	52,6	60,0	3,8	5,6	4,7	52,0	46,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ -фон (контроль/ Control	81,5	45,2	63,4	-	-	-	61,4	40,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	86,3	80,2	83,3	4,8	35,0	19,9	63,8	58,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminobol Plus	81,6	59,4	70,5	0,1	14,2	7,2	57,0	50,6
Эфиопка/ Ethiopian	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Novosil	84,5	50,4	67,5	3,0	5,2	4,1	61,2	44,2
	НСР 05 (A)	0,2	0,7						
	НСР 05 (B)	0,2	0,7						
	НСР 05 (AB)	0,2	0,6						
	Ошибка опыта/ Experience error	0,29	0,55						
t (05)		2,04	2,04						

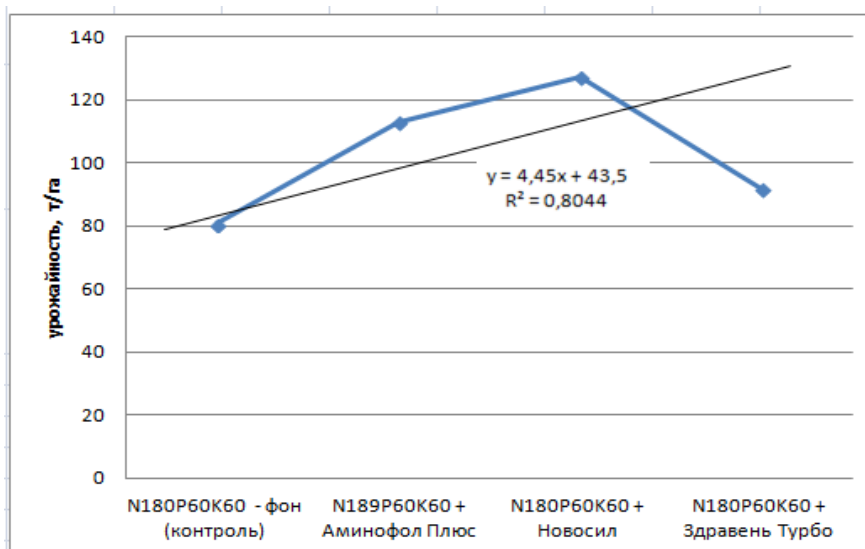


Рисунок 1 – Влияние вариантов листовой обработки на урожайность лука репчатого на примере гибрида Байрам F1, среднее за 2019...2020 гг.

Figure 1 – Influence of leaf processing options on onion yield on the example of the Bayram F1 hybrid, average for 2019 ... 2020

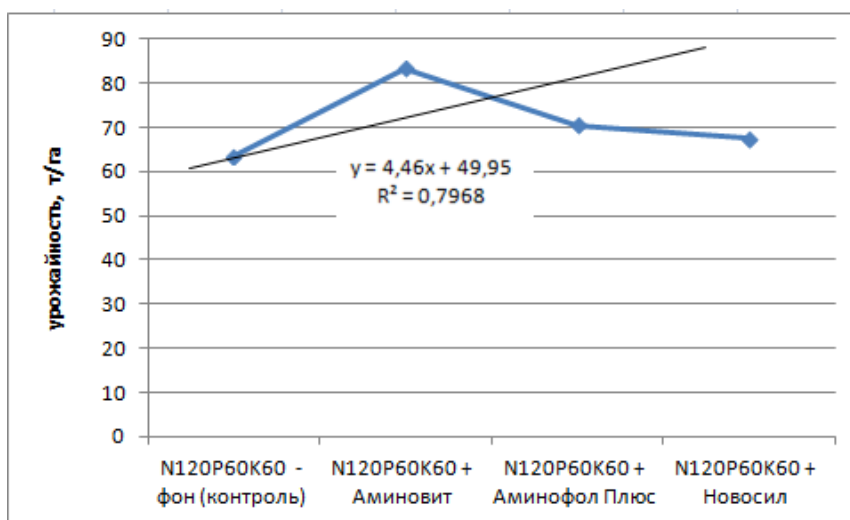


Рисунок 2 – Влияние вариантов листовой обработки на урожайность столовой свеклы на примере сорта Эфиопка, среднее за 2019...2020 гг.

Figure 2-Influence of leaf processing options on the yield of table beet on the example of the Ethiopian variety, average for 2019 ... 2020

По результатам биохимического анализа корнеплодов столовой свеклы в среднем за два года изучения можно выделить сорт Эфиопка на вариантах $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминофол Плюс и $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминовит, а также гибрид Бона F1 на варианте с листовой обработкой препаратом Аминофол Плюс, которые по содержанию сухого вещества показали наилучшие результаты 15,3...15,8 % и 16,1 % . По массовой доле сахаров максимальное значение 7,1 % было достигнуто у сорта Эфиопка на варианте с листовой обработкой комплексным минеральным удобрением Аминовит на фоне $N_{120}P_{60}K_{60}$. По содержанию витамина С в корнеплодах столовой свеклы выделился сорт Хуторянка на варианте с листовой обработкой препаратом Аминофол Плюс и составил 8,4 % (таблица 4).

Таблица 3 – Биохимический анализ лука репчатого, среднее за 2019...2020 гг.

Table 3 – Biochemical analysis of onion, the average for 2019...2020.

Гибрид/ Сорт / Гибрид/ сорт	Вариант / Option	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Массовая доля сахаров, % / Mass fraction of sugars, %		Массовая доля витамина C, мг/кг / Mass fraction of vitamin C, mg / kg
			На сырое вещество/ On the raw material		
Байрам F ₁ /Bayram F ₁	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control)	7,7	4,0		16,8
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminobol Plus	8,9	5,5		17,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	8,9	5,6		27,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Здравень- турбо/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zdraven Turbo	8,4	5,1		17,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control)	8,1	4,9		16,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminobol Plus	9,5	6,0		16,7
Кристина/ Christina	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	9,3	5,9		20,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Здравень- турбо/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zdraven Turbo	9,3	5,9		18,4
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control)	7,2	4,6		15,8
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminobol Plus	8,3	5,0		19,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	8,9	6,5		19,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Здравень- турбо/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zdraven Turbo	7,3	5,0		16,1
Сима/ Sima	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control)	7,9	4,7		15,2
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminobol Plus	10,2	5,9		17,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	9,5	5,5		26,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Здравень- турбо/ N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zdraven Turbo	8,5	5,1		17,9
	Среднее содержание / Average content		8...12		5,0...10,0
	До 7				

Таблица 4 – Биохимический анализ корнеплодов столовой свеклы, среднее за 2019...2020 гг.

Table 4 – Biochemical analysis of table beet root crops, average for 2019 ... 2020

Гибрид / Сорт / Гибрид / сорт	Вариант/ Option	Сухое вещество, %/ Dry matter, %	Массовая доля сахаров, %/ Mass fraction of sugars, %		Массовая доля витамина С, мг/кг/ Mass fraction of vitamin C, mg / kg
			На сырое вещество/ On the raw material		
Мулатка / Mulatto	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control	13,2	4,4	4,5	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	13,7	5,6	5,5	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Aminobol Plus	14,5	5,6	6,4	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Novosil	14,6	6,3	5,0	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control	12,3	5,7	5,7	
Хуторянка / Khutoryanka	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	13,2	6,6	6,5	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Aminobol Plus	14,0	7,0	8,4	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Novosil	13,0	5,7	6,6	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control	14,0	4,9	4,4	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	14,8	5,2	5,3	
Бона F ₁ / Bona F ₁	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Aminobol Plus	16,1	5,8	6,8	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Novosil	14,7	4,4	7,0	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ фон (контроль/ Control	13,5	5,1	4,8	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	15,8	7,1	6,7	
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Аминофол Плюс/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Aminobol Plus	15,3	6,9	6,0	
Эфиопка / Ethiopian	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Новосил/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆ + Novosil	14,8	5,7	6,3	
	Среднее содержание / Average content		18,3	6,4...7,5	5,0...10,0

Учитывая то, что овощные культуры накапливают нитраты в результате использования минеральных удобрений, мы в наших исследованиях посчитали необходимым проанализировать его содержание в корнеплодах как столовой свеклы, так и лука репчатого в зависимости от вариантов исследований. В случае внесения минеральных удобрений исходя из расчетных доз для свеклы столовой $N_{120}P_{60}K_{60}$ и лука репчатого $N_{180}P_{60}K_{60}$ было отмечено резкое увеличение накопления нитратов на фоновых вариантах (контроль). Так, у сортов и гибрида столовой свеклы на вариантах без обработок данный показатель находился в диапазоне от 876,8 до 1080,0 мг/кг.

По максимальному накоплению нитратов в луковичах от 73,4 мг/кг до 92,4 мг/кг выделялись контрольные варианты. Меньше всего нитратов было накоплено у сорта Гордион на варианте с листовой обработкой препаратом Новосил 32,5 мг/кг и у сорта Сима на варианте с обработкой препаратом Аминофол Плюс 33,6 мг/кг (рисунок 3).

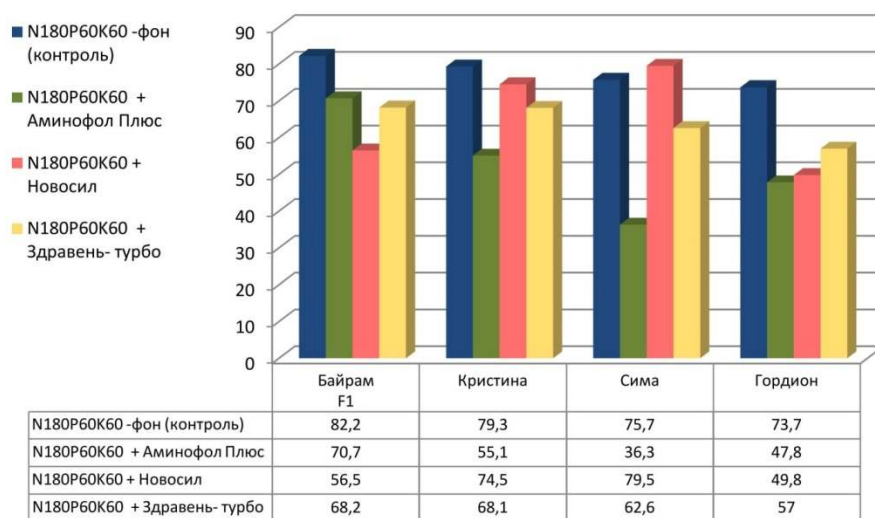


Рисунок 3 – Содержание нитратов (мг/кг) в луковичах сортов и гибрида лука репчатого, среднее за 2019...2020 гг.

Figure 3 – Nitrate content (mg / kg) in bulbs of onion varieties and hybrids, average for 2019...2020

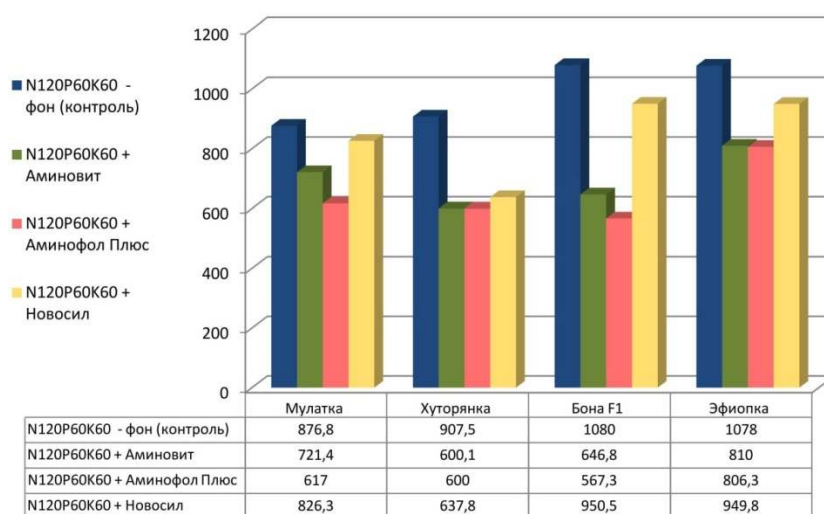


Рисунок 4 – Содержание нитратов (мг/кг) в корнеплодах сортов и гибрида столовой свеклы, среднее за 2019...2020 гг.

Figure 4 – Nitrate Content (mg / kg) in root crops of table beet varieties and hybrids, average for 2019...2020

В целом по итогам проведенных исследований по возделыванию сортов и гибрида столовой свеклы можно сделать вывод о том, что листовые обработки на фоне $N_{120}P_{60}K_{60}$ не привели к существенному накоплению нитратов в корнеплодах столовой свеклы, все результаты были ниже предельно допустимой концентрации (ПДК 1400).

Наименьшее содержание нитратов в корнеплодах было отмечено у районированного гибрида Бона F1 на варианте с внекорневой обработкой препаратом Аминофол Плюс 567,3 мг/кг, что оказалось лучшим результатом среди всех изучаемых образцов на всех вариантах опыта. Но на контрольном варианте по данному гибриду было получено максимальное значение нитратов 1080 мг/кг (рисунок 4).

Выводы.

1. В целом в результате проведенных исследований в условиях светло-каштановой солонцеватой почвы Астраханской области было установлено, что совместное использование $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Новосил наиболее положительно влияет на биохимические показатели и урожайность лука репчатого, особенно это прослеживалось у гибрида лука репчатого Байрам F1. Биологическая урожайность у данного гибрида была равна 127,3 т/га, товарная урожайность – 117,2 т/га, прибавка к контролю – 46,7 т/га. Массовая доля сухого вещества составляла 8,9 %, массовая доля сахаров – 5,6 %, массовая доля витамина С – 27,9 мг/кг.

2. Положительный эффект при возделывании свеклы столовой был достигнут от совместного использования $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминовит. В ходе проведенных исследований было установлено, что максимальные показатели урожайности по данному варианту были получены у сорта столовой свеклы Эфиопка. Биологическая урожайность составила 83,3 т/га, прибавка к контролю – 19,9 т/га, товарная урожайность – 61,3 т/га. Совместное использование $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Аминовит способствовало существенному накоплению массовой доли сахара до 7,1 % и витамина С – до 6,7 мг/кг.

3. Применение листовых обработок ростостимулирующими препаратами по фазам вегетации на минеральном фоне для лука репчатого ($N_{180}P_{60}K_{60}$) и для свеклы столовой ($N_{120}P_{60}K_{60}$) способствовало существенному снижению содержания нитратов в выращенной продукции.

Библиографический список

1. Галеев Р. Р., Трофимова Е. С. Урожайность и качество лука репчатого в однолетней культуре в зависимости от применения регуляторов роста в сухой степной зоне Республики Хакасия // Вестник НГАУ. 2015. № 1 (34). С. 35-41.
2. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания лука репчатого при орошении в условиях Нижнего Поволжья / А. А. Новиков, Е. В. Калмыкова, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Научно практический журнал овощи России. 2020. № 1. С. 58-63.
3. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, О. В. Калмыкова, В. В. Зволинский // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование // 2018. № 1 (49). С. 51-58.
4. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Watersaving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of volgodon interflaves // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. Vol. 13 No. 3 P. 185-193.
5. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability / B. M. Amirov [et al.] // Vegetable crops of Russia. 2017. № 4 (37). P. 23-27.
6. Factor Th. Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // Acta Horticulturae. 2019. P. 37-42.
7. Gaharwar Anjali, Ughade Jayashri Effect of plant spacing on marketable yield of table beet (*Beta vulgaris* L.) // International research journal of agricultural economics and statistics. 2017. V. 8. P. 51-55.

8. Gosselin J. A. Optimal Irrigation for Onion and Celery Production and Spinach Seed Germination in Histosols // *Agronomy Journal*. 2014. V. 106. P. 981-994.
9. 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.
10. Vdovenko S. A., Palamarchuk I. I., Pansyryeva H. V. Energy efficient growing of red beet in the conditions of central forest steppe of Ukraine // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. V. 8(4). P. 34-40.
11. Yadav Vinay Evaluation of the performance of onion varieties in response to organic cultivation // *International Journal of Advanced Research*. 2015. V. 3. Pp.1558-1562.
12. Yolando Pino-Saavedra White Onion Journal of Agronomy and Crop Science // *JOURNAL AGRON CROP SCI*. 2019. P.137-142.

Conclusions:

1. In general, as a result of the conducted studies in the conditions of light chestnut salty soil of the Astrakhan region, it was found that the local use of $N_{180}P_{60}K_{60}$ + Novosil has the most positive effect on the biochemical parameters and yield of onions, especially in the hybrid onion Bayram F1. The biological yield of this hybrid was 127.3 t / ha, the commercial yield-117.2 t / ha, the increase to the control – 46.7 t / ha. The mass fraction of dry matter was 8.9 %, the mass fraction of sugars was 5.6 %, and the mass fraction of vitamin C was 27.9 mg/kg.
2. A positive effect in the cultivation of table beet was achieved from the joint use of $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Aminovit. In the course of the conducted studies, it was found that the maximum yield indicators for this variant were obtained in the variety of table beet Ethiopian. The biological yield was 83.3 t / ha, the increase to the control was 19.9 t / ha, and the commercial yield was 61.3 t / ha. The combined use of $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Aminovit contributed to a significant accumulation of the mass fraction of sugar up to 7.1 % and vitamin C-up to 6.7 mg / kg.
3. The use of leaf treatments with growth-stimulating preparations for the growing season on a mineral background for onions ($N_{180}P_{60}K_{60}$) and for beetroot ($N_{120}P_{60}K_{60}$) contributed to a significant reduction in the content of nitrates in the grown products.

Reference

1. Galeev R. R., Trofimova E. S. Urozhajnost' i kachestvo luka repchatogo v odnoletnej kul'ture v zavisimosti ot primeneniya reguljatorov rosta v suhoj stepnoj zone Respubliki Hakasiya // *Vestnik NGAU*. 2015. № 1(34). P. 35-41.
2. Jefferktivnost' resursosberegayuschih priemov vozdelevaniya luka repchatogo pri oroshenii v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya / A. A. Novikov, E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, O. V Kalmykova // *Nauchno prakticheskij zhurnal ovoschi Rossii*. 2020. № 1. P. 58-63.
3. Jefferktivnye jlementy vozdelevaniya repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii / N. Yu. Petrov, E. V. Kalmykova, O. V. Kalmykova, V. V. Zvolinskij // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* // 2018. № 1 (49). P. 51-58.
4. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zsirimov A. E. Watersaving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of volgadon interflaves // *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2018. Vol. 13 No. 3 P. 185-193.
5. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability / B. M. Amirov [et al.] // *Vegetable crops of Russia*. 2017. № 4 (37). P. 23-27.
6. Factor Th. Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // *Acta Horticulturae*. 2019. P. 37-42.
7. Gaharwar Anjali, Ughade Jayashri Effect of plant spacing on marketable yield of table beet (*Beta vulgaris* L.) // *International research journal of agricultural economics and statistics*. 2017. V. 8. P. 51-55.
8. Gosselin J. A. Optimal Irrigation for Onion and Celery Production and Spinach Seed Germination in Histosols // *Agronomy Journal*. 2014. V. 106. P. 981-994.
9. 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.

10. Vdovenko S. A., Palamarchuk I. I., Pantsyreva H. V. Energy efficient growing of red beet in the conditions of central forest steppe of Ukraine // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. V. 8(4). P. 34-40.
11. Yadav Vinay Evaluation of the performance of onion varieties in response to organic cultivation // International Journal of Advanced Research. 2015. V. 3. Pp.1558-1562.
12. Yolando Pino-Saavedra White Onion Journal of Agronomy and Crop Science // JOURNAL AGRON CROP SCI. 2019. P.137-142.

Authors Information

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, K. N., Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, m.n.s. Laboratories of agricultural technologies of vegetable crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, к.г.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Костыренко Оксана Владимировна, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN RICE CULTIVATION

V. G. Grin², A.S. Ovchinnikov¹, A. S. Shishkin², A.A. Pahomov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar*

Received 25.03.2021

Submitted 24.05.2021

Summary

The article presents the results of the influence of electrohydraulic treatment on the intensification of soil processes and the rate of soil desolation

Abstract

This article deals with the problem of water resources use in rice cultivation. A seedling technology of rice cultivation using pre-planting electrohydraulic tillage is proposed. The treatment modes and their influence on the soil mechanical composition, the content of the main mineral nutrition elements and the process of desalinization are determined. **Introduction.** The Krasnodar Territory occupies a leading position in Russia in the rice production. Rice cultivation requires a large amount of irrigation water. During the irrigation period, the volume of more than 4.2 billion cubic meters of irrigation water is withdrawn from the Kuban River annually [1]. Subsequently, in the form of waste water, there is a return to the water receivers. The waste water has increased mineralization, biogenic elements and herbicides concentration. This has a negative impact on the environmental situation of the water intake areas, which are often used as recreational areas. In the Russian Federation, the seedling technology of rice cultivation is constrained mainly by the lack of special equipment, and this factor entails large costs of manual labor. The issue of rational use of natural resources and improvement of the ecological situation both in the systems themselves and in the adjacent territories is considered last. The introduction of peasant farms in the structure of farming on agricultural land increased the likelihood of implementing the proposed technology, which allows to significantly save irrigation water, reduce the dose of mineral fertilizers and herbicides, increase and stabilize the yields of rice and related crops.

Object. The object of research was the soil, chemical ameliorant in the form of semi-aqueous gypsum and rice plants in the vegetation experiment. The aim of the study is the effect of electrohydraulic soil and gypsum processing on changes in their mechanical composition, the content of mineral nutrients, the rate of desalination, the growth and development of rice plants under seedling technology. **Materials and methods.** We used standard methods in combination with empirical (observation, descrip-

tion, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) methods. **Results and conclusions.** The optimal modes of soil and gypsum tillage under electrohydraulic treatment are determined. Data on the effect of electrohydraulic tillage on the main nutrients content and their transformation are obtained. Irrigation norms for different rice irrigation regimes are determined.

Key words: *rice irrigation regimes, rice irrigation rate, electrohydraulic tillage of rice field soil, methods of chemical ameliorants application and treatment.*

Citation. Grin V. G., Ovchinnikov A.S., Shishkin A. S., Pahomov A.A. Innovative technologies in rice cultivation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 131-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14.

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 631.67:632.931.1(470.620)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РИСА

В. Г. Гринь¹, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

А. С. Овчинников², академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

А. С. Шишкин¹, старший преподаватель

А. А. Пахомов², доктор технических наук, профессор

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.03.2021

Дата принятия к печати 24.05.2021

Аннотация. В статье рассматривается проблема использования водных ресурсов при выращивании риса. Предлагается рассадная технология возделывания риса с использованием предпосадочной электрогидравлической обработки почвы. Определены режимы обработки и их влияние на механический состав почвы, содержание основных элементов минерального питания и процесса рассолонцевания.

Актуальность. Краснодарский край занимает ведущие позиции в России по производству риса. Выращивание риса требует больших затрат оросительной воды. В период орошения ежегодно из реки Кубань изымается объем свыше 4,2 миллиардов кубических метров оросительной воды [7]. В последующем в виде сбросных вод происходит возврат в водоприемники. У сбросных вод повышена минерализация, концентрация биогенных элементов и гербицидов. Это негативно влияет на экологическую обстановку акватории водоприемников, которые зачастую используются в качестве рекреационных зон. В Российской Федерации рассадная технология возделывания риса сдерживается в основном отсутствием специальной техники, а этот фактор влечет за собой большие затраты ручного труда. Вопрос рационального использования природных ресурсов и улучшения экологической обстановки как на самих системах, так и на прилегающих территориях рассматривается в последнюю очередь. Введение в структуру хозяйствования на сельскохозяйственных землях крестьянских фермерских хозяйств повысило вероятность внедрения предлагаемой технологии, позволяющей значительно экономить оросительную воду, сократить дозы минеральных удобрений и гербицидов, увеличить и стабилизировать урожаи риса и сопутствующих культур. **Объект.** Объектами исследований являлись почва, химический мелиорант в виде полуводного гипса и растения риса в вегетационном опыте. **Цель.** Исследование влияния электрогидравлической обработки почвы и гипса на изменение их механического состава, содержание элементов минерального питания, скорость рассолонцевания, рост и развитие растений риса при рассадной технологии. **Материалы и методы.** В работе использовались стандартные методики в сочетании с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней. **Результаты и выводы.** Определены оптимальные режимы обработки почвы и гипса при элек-

трогидравлической (ЭГ) обработке. Получены данные о влиянии ЭГ обработки почвы на содержание основных питательных элементов и их трансформацию. Определены оросительные нормы при различных режимах орошения риса.

Ключевые слова: режимы орошения риса, оросительная норма риса, электрогидравлическая обработка почвы рисового поля, способы внесения химических мелиорантов, химические мелиоранты.

Цитирование. Гринь В.Г., Овчинников А.С., Шишкин А. С., Пахомов А.А. Инновационные технологии при выращивании риса. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 131-143.
DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14.

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 настоящее время наибольшее распространение на рисовых оросительных системах Кубани получил режим укороченного затопления. Величина оросительной нормы для условий Краснодарского края колеблется в зависимости от природно-климатических условий от 14 770 до 28 450 м³/га [3, 5].

Подробный анализ оросительной нормы и ее расходных отдельных статей при укороченном режиме орошения показывает, что порядка 70 % оросительной воды теряется на непроизводительные сбросы за период посева – кущения [2, 6].

В целях экономии оросительной воды разработан комбинированный режим орошения, предусматривающий создание на этапе посева – кущения наиболее благоприятных по требованиям растений водного, температурного и питательного режимов. Это достигается проведением поливов дождеванием в период посева – кущения А, далее затопление рисового поля по достижении растениями риса фазы полного кущения. Величина оросительной нормы при комбинированном режиме орошения риса сократилась на 4125 м³/га., а урожай повысился на 12,2 ц с га [3, 5].

В дальнейшем коллективом ученых, работающих под руководством академиков РАН И. П. Кружилина, В. В. Бородычева и доктора сельскохозяйственных наук Е. П. Борового, доказана целесообразность возделывания риса с применением периодических поливов дождеванием в различных природно-климатических условиях на рисовых инженерных гидромелиоративных системах Волгоградской области, Краснодарского края, Республики Калмыкия и в условиях южной зоны Приамурья. Величина оросительных норм при периодических поливах риса на оросительных системах общего назначения составила 4600 – 8600 м³/га, а урожай риса колеблется от 44 до 53,5 ц с га [1, 2, 4].

Применение дождевания как основного способа полива на рисовых оросительных системах Кубани имеет ограниченный ареал, так как значительная часть их имеет сложную мелиоративную обстановку, в частности близко расположенные к дневной поверхности грунтовые воды с высокой концентрацией солей, а реконструкция оросительной сети для проведения поливов дождеванием требует значительных капитальных затрат.

В настоящее время имеется опыт применения рассадной технологии возделывания риса, который показывает ее высокую эффективность [8, 10].

Предлагается режим орошения риса, основанный на производстве рассады риса до фазы кущения в закрытом или открытом грунте с поддержанием влажности почвы в этот период не менее 80 % от наименьшей влагоемкости дождеванием. А после высадки рассады в подготовленную почву (обработанную ЭГУ) и создание слоя воды до фазы развития растения риса – молочно-восковой спелости.

Высадка рассады производится после уборки сопутствующей культуры. В предлагаемом севообороте таковой может являться озимый ячмень. Перед посадкой рассады риса почва рисового поля подвергается электрогидравлической обработке в процессе планировки затопленного чека с использованием устройства, представленного на рисунке 1.

Основным механизмом электрогидравлического диспергирования являются первичные и вторичные ударные волны, высокоскоростные потоки, кавитационные и широкий спектр звуковых и электромагнитных воздействий.

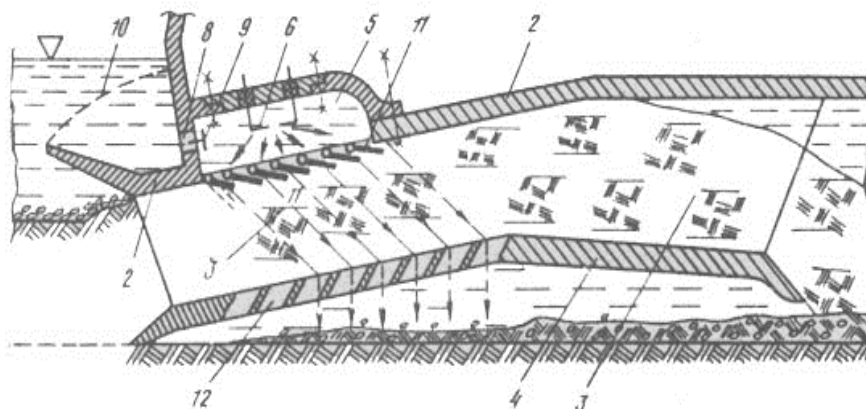


Рисунок 1 – Устройство для мелиорации почв с применением электрогидравлической обработки (А.С. № 1026718)

Figure 1 – Device for soil reclamation using electrohydraulic treatment
(Copyright Certificate No. 1026718)

Высоковольтные разряды в смеси жидкости и почвы ускоряют окислительно-восстановительные реакции, вызывают внутримолекулярные перегруппировки веществ, способствуют синтезу атмосферного азота, кроме этого, электрогидравлическая (ЭГ) обработка почвы дает возможность активировать процессы перевода труднорастворимых соединений, содержащихся в почве, в доступные для растений риса.

При ЭГ-обработке происходит гибель сорной растительности и переработка пожнивных остатков предшествующей культуры.

В работе использованы данные вегетационных опытов, выполненных на вегетационной площадке Кубанского ГАУ.

При закладке вегетационных опытов, последующих наблюдениях и обработке полученных данных применялись методики [4].

Почва для заполнения вегетационных сосудов бралась с рисовой оросительной системы учебно-опытного хозяйства «Кубань».

Физические и агрохимические свойства почвы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Физические свойства лугово-черноземовидной почвы

Table 1 – Physical properties of meadow-black earth soils

Горизонт, см / Layer, cm	Содержание агрегатов в % от массы воздушно-сухой почвы / Content of aggregates in % of air- dry soil weight		Объемная мас- са, т/м ³ / Volumetric mass, t/m ³	Удельная масса, т/м ³ / specific mass, t/m ³	Скважность, % / porosity, %
	> 0,01	<0,01			
0-10	32,77	67,23	1,17	2,53	53,76
10-20	36,39	63,70	1,34	2,58	48,01
20-30	40,98	59,02	1,39	2,67	47,95

Таблица 2 – Содержание гумуса и азота в лугово-черноземовидной почве,
мг/100 г абсолютно сухой почвы

Table 2 – Humus and nitrogen content in meadow-black earth soil, mg/100 g absolutely dry soil

Глубина отбора, см / Selection depth, cm	Гумус, % / Humus, %	Азот / nitrogen				
		общий/ the general	минеральный/ mineral	легко гидролизуемый/ easily hydrolyzable	трудно гидролизуемый/ difficult hydrolyzable	негидролизующий/ not hydrolyzed
0-10	3,67	207	5,24	14,82	62,09	126,43
10-20	3,45	193,63	4,91	14,77	58,70	115,23
20-30	3,13	184,66	3,31	15,05	56,03	109,58

Содержание подвижного фосфора в почве составило 69,16 мг P_2O_5 на кг почвы.

В контрольном варианте производился высея семян риса сорта «Флагман» – 5 растений на сосуд.

В опытном варианте производилась высадка рассады того же сорта в фазе полного кушения, при этом 1 кг почвы в вегетационном сосуде (общий вес почвы в сосуде 9 кг) подвергался электрогидравлической (ЭГ) обработке. Рабочее напряжение установки – 6 кВ, емкость батареи конденсаторов – 12 мкФ при концентрации почва : вода – 1 : 5.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы: общая поверхность частиц почвы после обработки 15 импульсами увеличилась с 37 м²/г, до 83 м²/г, то есть увеличилась в 2,24 раза по сравнению с необработанной почвой. Дальнейшая обработка до 25 импульсов приводит к незначительному росту общей поверхности почвы – 92 м²/г. Если в первом случае интенсивность нарастания поверхности частиц почвы составляла 3,07 м²/г на один импульс, то при дальнейшем вводе энергии интенсивность прироста значительно сокращается до 0,9 м²/г за один импульс. Авторы считают, что оптимальным числом импульсов, в данном случае – 15 импульсов на 1 кг почвы. Эти выводы подтвердились при обработке гипса. Изменение механического состава почвы представлено на диаграммах 2-4.

Максимум функции зависимости поверхности частиц почвы от числа импульсов.

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур при современных технологиях возделывания базируется на применении высоких доз минеральных удобрений [9]. Их производство сопряжено с проблемами как энергетического, так и экологического характера.

Синтез 1 кг азотных удобрений требует 86,8 МДж, фосфорных – 12,6 и калийных – 8,3 МДж энергии [8]. Кроме этих затрат, требуются дополнительные затраты на транспортирование, последующее хранение и внесение.

Предлагаемая технология обработки почвы способствует снижению доз внесимых минеральных удобрений за счет повышения концентрации питательных элементов в результате ЭГ обработки почвы, активизации микрофлоры почвы, что позволит ускорить процесс переработки растительных остатков в гумус [8].

Анализ данных, полученных в ходе опытов, иллюстрируется диаграммой 5 и позволяет сделать выводы о том, что при воздействии высоковольтными импульсами почвенная вытяжка обогащается растворимыми соединениями азота и калия. Следует отметить, что количество соединений азота выросло почти в 2 раза за счет синтеза атмосферного азота и перевода его аммиачной формы в нитратную. Ближайшим резервом азота для питания растений является азот легкогидролизующихся соединений, но изменение их содержания в почве рисового поля в обычных условиях незначительное.

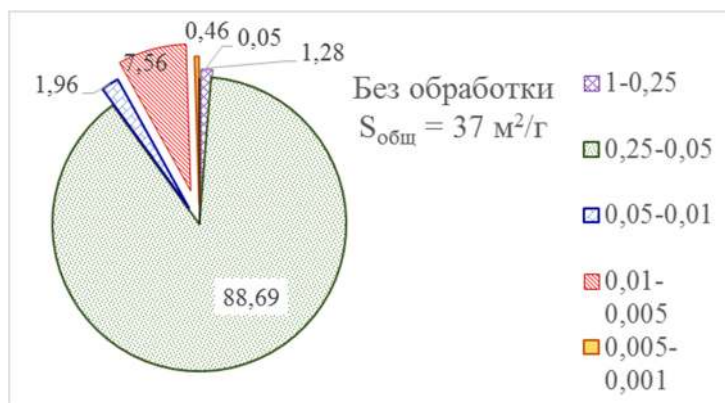


Рисунок 2 – Механический состав почвы без электрогидравлической обработки

Figure 2 – Mechanical composition of soil without electrohydraulic treatment

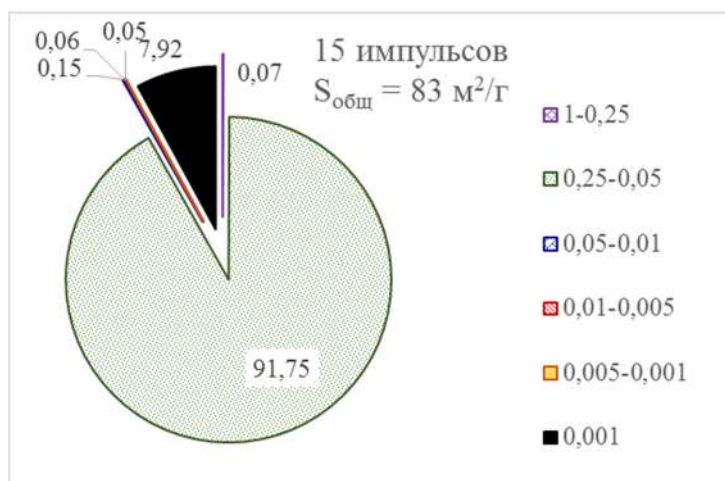


Рисунок 3 – Механический состав почвы после 15 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 3 – Mechanical composition of soil after 15 pulses of electrohydraulic treatment

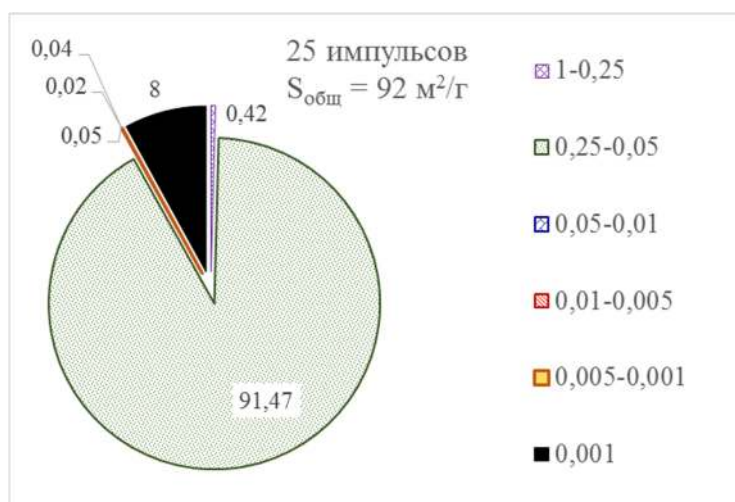


Рисунок 4 – Механический состав почвы после 25 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 4 – Mechanical composition of soil after 25 pulses of electrohydraulic treatment

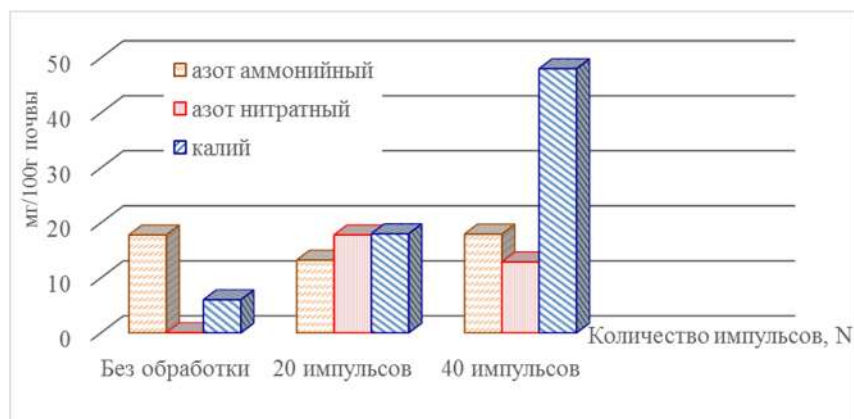


Рисунок 5 – Количество соединений азота и калия в водной вытяжке, мг/100 г почвы

Figure 5 – Quantity of nitrogen and potassium compounds in water extract, mg/100 g of soil

Применение электрогидравлической обработки почвы приводит к переводу легкогидролизуемых форм азота в доступную для растений форму. Данное обстоятельство указывает на улучшение условий для растений риса по азотному питанию. Одним из экологически безвредных путей повышения эффективности азотных удобрений и увеличения продуктивности риса является применение ингибиторов нитрификации. Наиболее широко распространены нитрапирин, дициандиамида, триазины. Применение данных препаратов способствует подавлению жизнедеятельности нитрифицирующих микроорганизмов. Дальнейшее увеличение затрат энергии при обработке почвы не привело к увеличению концентрации соединений азота.

Почвы зоны рисосеяния Кубани, в силу особенностей минералогического состава, богаты калием. Несмотря на большие валовые запасы, лишь небольшая его часть может использоваться растениями. Учитывая исключительную роль обменного калия проводились наблюдения за его концентрацией в ходе опытов. Содержание растворимого калия увеличивается пропорционально числу импульсов. Это объясняется диспергированием почвы при электрогидравлической обработке и переходе в растворимое состояние этого элемента, содержащегося в составе глинистых материалов почвы.

Лугово-черноземные почвы рисовых полей характеризуются достаточно высокими запасами фосфора, содержание которого составляет от 57,93 до 63,23 мг/кг почвы. [4]. Учитывая достаточную обеспеченность данным элементом концентрация его при проведении опытов не проводилась.

Данные обстоятельства указывают на улучшение условий для роста и развития растений риса по азотному и калийному питанию при разрядно-импульсной обработке рисовой почвы.

Сложные гидрогеологические условия, сложившиеся на рисовых оросительных системах вследствие различных технических и экономических проблем, привели к ухудшению их мелиоративного состояния. Одной из основных причин является подъем уровня грунтовых вод, а следовательно, вторичное засоление и осолонцевание.

Почвы с неблагоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами имеют низкую продуктивность. Удаление избытка солей достигается промывками почвы, что и происходит при выращивании риса, или применением различных типов дренажей с дополнительным внесением химических мелиорантов.

Современные способы внесения гипса и гипсодержащих химических мелиорантов – соединений можно подразделить на два вида: «мокрые» и «сухие». При «сухом» внесении гипса осуществляется в сухом виде – разбрасывание гипсодержащих

соединений на посевной площади. Такая технология обладает недостатками: неравномерность распределения вносимого гипса и недостаточный контакт частиц почвы с частицами агента.

При «мокрой» технологии гипс вносится в почву с последующей его ЭГ обработкой в смеси с почвой, насыщенной оросительной водой. В результате ускоряется реакция замещения, благодаря наиболее равномерному распределению гипса и увеличению площадей контакта частиц почвы и реагента (гипса), а также увеличению степени его миграции в почвенном профиле.

Опытные данные по влиянию ЭГ обработки на степень диспергирования гипса приведены на диаграммах 6-8.

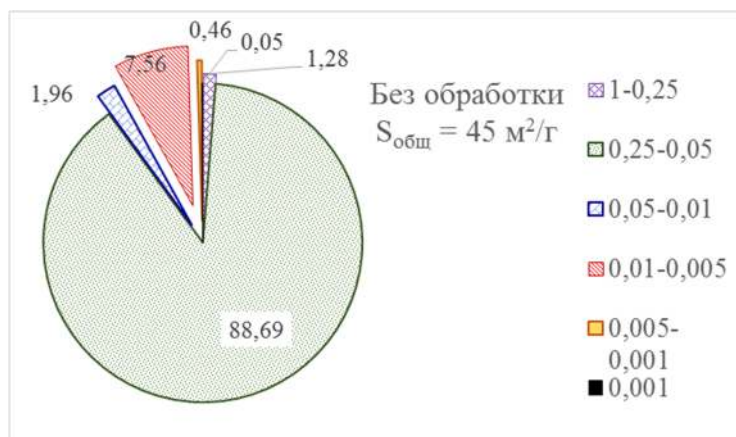


Рисунок 6 – Механический состав гипса без электрогидравлической обработки

Figure 6 – Mechanical composition of gypsum without electrohydraulic treatment

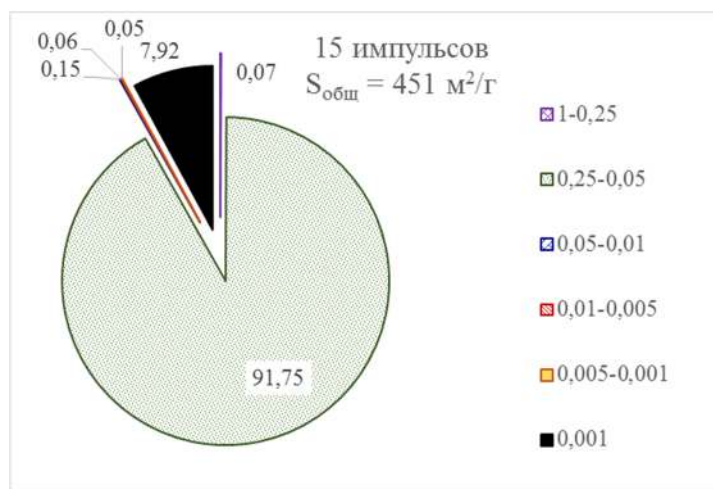


Рисунок 7 – Механический состав гипса после 15 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 7 – Mechanical composition of gypsum after 15 pulses of electrohydraulic treatment

Следует обратить внимание на возможность получения железа и микроэлементов в процессе электроимпульсной обработки. Из числа соединений, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях в почвах рисовых полей, от которых в большой степени зависит судьба урожая риса, особый интерес представляют окисное и закисное железо. Окисное железо является активным детоксикатором, способным

уменьшать концентрацию сероводорода в затопленной почве. Другие микроэлементы: бор, кобальт, медь, марганец, молибден и цинк – могут входить в состав электродов и выделяться в процессе обработки почвы. [8].

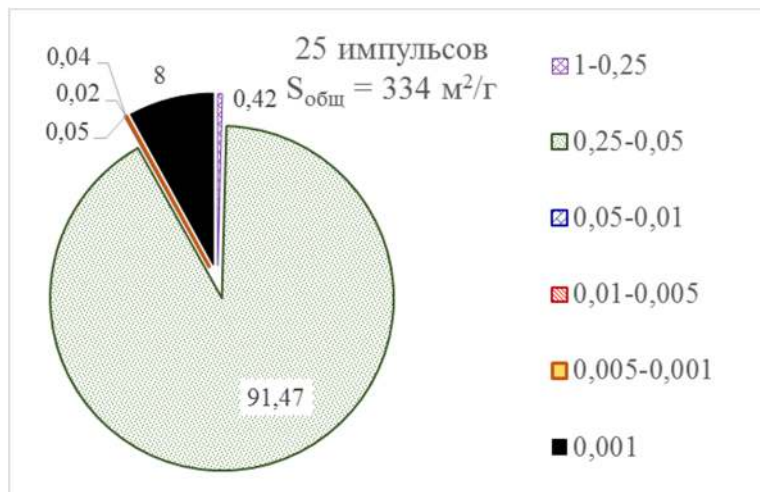


Рисунок 8 – Механический состав гипса после 25 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 8 – Mechanical composition of gypsum 25 pulses of electrohydraulic treatment

Анализ данных, полученных в результате лабораторного опыта, позволил разработать математическую модель зависимости степени дробления гипса от количества затраченной энергии.

Введем следующие обозначения:

E – энергия, вводимая в канал разряда;

n – число импульсов

N – энергия единичного импульса;

S_0 – начальная общая поверхность частиц;

S_K – конечная общая поверхность частиц;

L – степень дробления.

Тогда можно записать:

$$E = E_0; S = S_0 \text{ при } E = E_K, S = S_K, \\ \frac{dS}{dE} = F(S), dS = F(S)dE, \quad (1)$$

в данном случае $F(S) = -L(S_K - S_0)$, тогда

$$\frac{dS}{dE} = -L(S_K - S_0), \text{ откуда } S(E) = (S_K - S_0)(1 - e^{-LE}) \quad (2)$$

$$\frac{S(E)}{(S_K - S_0)} = 1 - e^{-LE}, \quad (3)$$

$$e^{-LE} = 1 - \frac{S(E)}{(S_K - S_0)}, \quad (4)$$

$$-LE = \ln 1 - \frac{S(E)}{S_K - S_0}, \quad (5)$$

$$L = -\frac{1}{E} - \ln 1 - \frac{S(E)}{S_K - S_0} \quad (6)$$

$$S_K = 249,6 - 179,6 e^{-0,064n} \quad (7)$$

В данной модели для определения степени дробления необходимо знать исходную общую поверхность частиц S_0 , конечную S_k и количество затраченной энергии. Зная емкость конденсаторной батареи и рабочее напряжение, можно определить энергию единичного импульса, а следовательно, и общую энергию, необходимую для обработки.

В вегетационных опытах исследовалась возможность применения разрядно-импульсной технологии (РИТ) в процессах измельчения гипса, установление оптимального режима обработки гипса, скорости рассолонцевания почвы и степени измельчения растительных остатков предшествующей культуры (соломы ячменя).

Своеобразный водно-воздушный режим рисового поля в значительной степени сказывается на гумусообразовании и гумусонакоплении. Основным источником образования гумуса являются растительные остатки, трансформируемые почвенной макро- и микрофлорой в органическую часть почвы [11].

Ускорение процесса гумусообразования является одним из основных вопросов земледелия [12]. В данном случае в опытном варианте проводилась ЭГ подготовка соломы при ее внесении в почву в качестве органического удобрения.

Дозы внесения: гипса – 5 т/га; соломы – 5 т/га. Число импульсов для обработки: гипса и соломы – 15. Данные о влиянии различных способов внесения пожнивных остатков и полуводного гипса на урожай риса в вегетационном опыте представлен в таблице 3. Следует обратить внимание на тот факт, что, кроме соломы, обработке подвергались корни клубнекамыша, ставшие питательной средой для анаэробных, а в дальнейшем – для аэробных микроорганизмов.

Таблица 3 – Влияние ЭГ-обработки гипса, почвы и рисовой соломы на урожай риса при возделывании на почвах солонцового типа

Table 3 – Effect of EG treatment of gypsum, soil and rice straw on rice harvest when cultivated on salt-type soils

Вариант опыта / Experience Option	Урожайность риса, ц/га / Rice yield, c/ha	Прибавка, % / Increase, %
Контроль / control	27,4	-
Внесение гипса и соломы по традиционной технологии / Application of gypsum and straw using traditional technology	30,5	11,3
Внесение ЭГ-обработанного гипса и соломы + на фоне ЭГ-обработанной почвы / Introduction of EG - treated gypsum and solo + on the background of EG of treated soil	54,6	99,3

Выводы. При использовании предложенной технологии сокращение величины оросительной нормы риса составило $4972 \text{ м}^3/\text{га}$ по сравнению с укороченным режимом орошения.

Электрогидравлическая обработка почвы перед посадкой рассады риса 15 импульсами на 1 кг почвы при рабочем напряжении 6 кВ и емкости конденсатора – 200 мкФ – позволяет:

- увеличить общую поверхность частиц почвы с $37 \text{ м}^2/\text{г}$ до $83 \text{ м}^2/\text{г}$, что способствует переводу в доступные формы соединения азота и калия, содержащиеся в почве, и благотворно сказывается на росте и развитии растений риса;

- экономия оросительной воды обусловлена сокращением времени пребывания слоя воды на чеке и уменьшением фильтрационных потерь за счет увеличения содержания илистых частиц, образующих противотрационный экран, при дальнейших исследованиях следует обратить внимание на снижение слоя воды вследствие увеличения концентрации питательных элементов в почве рисового поля, что приведет к дальнейшей экономии оросительной воды;

- режим обработки гипса является оптимальным при мелиорации почв солонцового комплекса;

- электрогидравлическая обработка гипса позволяет увеличить скорость рассолонцевания за счет увеличения деятельной поверхности как почвы, так и гипса, оптимальный режим обработки гипса аналогичен режиму обработки почвы и составляет 15-20 импульсов на 1 кг;

- разработанная математическая модель степени дробления гипса позволяет оптимизировать процесс внесения его в целях улучшения мелиоративного состояния на рисовых системах;

- процесс гумификации растительных остатков при электрогидравлической их обработке ускоряется за счет увеличения деятельной поверхности соломы и получаемых при обработке соединений азота, а также интенсификации жизнедеятельности почвенной биоты в результате так называемого «бактериального взрыва». Попадающие в зону действия высокого давления зерна и корни сорняков теряют свою жизнеспособность и в дальнейшем служат питательным субстратом для микроорганизмов.

Предлагаемая технология возделывания риса позволяет увеличить экономическую эффективность включением в севооборот озимых сортов ячменя за счет переноса даты высадки рассады риса.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 1-5.
2. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах Нижней Кубани: монография / Ю. А. Свистунов, А. Ю. Галкин, А. Ю. Свистунов, С. Н. Якуба. Краснодар: КубГАУ, 2014. 295 с.
3. Дедова Э. Б., Белопухов С. Л., Шабанов Р. М. Режим орошения и продуктивность маловодопотребного риса в условиях пустынной зоны Калмыкии // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 33. № 2. С. 41-47.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Продуктивность суходольного риса при капельном орошении / Н. Н. Дубенок, И. П. Кружилин, Н. М. Абду, М. А. Ганиев, К. А. Родин // Известие Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 92-100.
6. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса / А. С. Овчинников, Н. В. Островский, В. О. Шишкин, А. А. Пахомов, В. В. Островский. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020.
7. Сельское хозяйство Краснодарского края 2014: статистический сборник. Краснодар: Краснодарстат, 2015. 236 с.
8. Ladha J. K. New Paradigms of Growing Rice to Address Emerging Shortages of Water and Labor // IRRI. Science at the 4th International Rice Congress IRC. New Delhi, 2014.
9. Medley J. C., Wilson L. T. Sub-surface drip irrigation of rice in Texas // USA. 4th International Rice Congress. Bangkok, Thailand. 2014.
10. Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation/ H. B. He, R. Yang, L. Chen, H. Fan, X. Wang, S. Y. Wang, H.W. Cheng, F. Y. Ma // Journal of Animal & Plant Sciences. 2014. Vol. 24 (1). P. 290-301.
11. Soman P. Drip fertigation for rice cultivation: Jain's experiences // 4th International Rice Congress 27 Oct. - 1 Nov Bangkok, Thailand. 2014.
12. USDA. Crop Values Final Estimates (2007-2012). 2014.

Conclusion.

Using the proposed technology, the rice irrigation rate reduction was 4972 m³/ha compared to the shortened irrigation regime.

Electrohydraulic treatment of soil before planting rice seedlings with 15 pulses per 1 kg of soil at operating voltage of 6 kV and capacitance of condenser - 200 μ F allows:

- increase the total surface area of soil particles from 37 m²/g to 83 m²/g, which contributes to the conversion into accessible forms of nitrogen and potassium compounds contained in the soil and has beneficial effects on the growth and development of rice plants;

- the saving of irrigation water is due to the reduction of the residence time of the water layer on the check and the reduction of filtration losses due to the increase in the content of silty particles forming the anti-filtration screen, further studies should pay attention to the decrease in the water layer due to the increase in the concentration of nutrients in the rice field soil, which will lead to further savings in irrigation water;

- gypsum treatment is optimal in soil reclamation of the salt complex;

- electrohydraulic treatment of gypsum allows increasing the rate of brine separation due to increasing the active surface of both soil and gypsum, the optimal mode of gypsum treatment is similar to that of soil treatment and is 15-20 pulses per 1 kg;

- the developed mathematical model of the degree of gypsum crushing makes it possible to optimize the process of applying it in order to improve the reclamation state on rice systems;

- the process of humification of plant residues during electrohydraulic treatment is accelerated by increasing the active surface of straw and nitrogen compounds obtained during treatment, as well as intensifying the vital activity of soil biota as a result of the so-called "bacterial explosion," grains falling into the zone of action of high pressure and weed roots lose their viability and subsequently serve as a nutrient substrate for microorganisms.

Proposed technology of rice cultivation makes it possible to increase economic efficiency by including winter barley varieties in crop rotation due to transfer of date of rice seedlings planting.

References

1. Borodychev V. V., Dedova J. B., Shabanov R. M. Tehnologiya vzdelyvaniya risa na meliorativnyh sistemah obshchego naznacheniya pri oroshenii dozhdevaniem // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 1-5.
2. Vodopol'zovanie na risovyh gidromeliorativnyh sistemah Nizhnej Kubani: monografiya / Yu. A. Svistunov, A. Yu. Galkin, A. Yu. Svistunov, S. N. Yakuba. Krasnodar: KubGAU, 2014. 295 p.
3. Dedova Je. B., Belopuhov S. L., Shabanov R. M. Rezhim orosheniya i produktivnost' malovodopotrebnogo risa v usloviyah pustynnoj zony Kalmykii // Butlerovskie soobscheniya. 2013. T. 33. № 2. P. 41-47.
4. Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. Moskva : Agropromizdat, 1985. 351 p.
5. Produktivnost' suhodol'nogo risa pri kapel'nom oroshenii / N. N. Dubenok, I. P. Kruzhilin, N. M. Abdu, M. A. Ganiev, K. A. Rodin // Izvestie Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 6. P. 92-100.
6. Razvitie bezgerbicidnogo risovodstva na osnove rezhima postoyannogo zatopleniya i avtomatizacii poliva risa / A. S. Ovchinnikov, N. V. Ostrovskij, V. O. Shishkin, A. A. Pahomov, V. V. Ostrovskij. Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020.
7. Sel'skoe hozyajstvo Krasnodarskogo kraja 2014: statisticheskij sbornik. Krasnodar: Krasnodarstat, 2015. 236 p.
8. Ladha J. K. New Paradigms of Growing Rice to Address Emerging Shortages of Water and Labor // IRRI. Science at the 4th International Rice Congress IRC. New Delhi, 2014.

9. Medley J. C., Wilson L. T. Sub-surface drip irrigation of rice in Texas // USA. 4th International Rice Congress. Bangkok, Thailand. 2014.
10. Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation/ H. B. He, R. Yang, L. Chen, H. Fan, X. Wang, S. Y. Wang, H.W. Cheng, F. Y. Ma // Journal of Animal & Plant Sciences. 2014. Vol. 24 (1). P. 290-301.
11. Soman P. Drip fertigation for rice cultivation: Jain's experiences // 4th International Rice Congress 27 Oct. - 1 Nov Bangkok, Thailand. 2014.
12. USDA. Crop Values Final Estimates (2007-2012). 2014.

Author's Information

Grin Valentin Grigorievich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Candidate of Agricultural Sciences, Professor e-mail: grin_v_g@inbox.ru Phone 8 905 401 69 15

Alexey Ovchinnikov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: shvig31@mail.ru. Phone +7 (8442) 41-81-53

Shishkin Alexander Sergeevich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", Senior Lecturer, e-mail: schischa@inbox.ru. Phone 8 962 878 37 49

Pakhomov Alexander Alekseevich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: shvig31@mail.ru. Phone +7 (8442) 41-81-53

Информация об авторах

Гринь Валентин Григорьевич, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: grin_v_g@inbox.ru. Телефон 8 905 401 69 15.

Овчинников Алексей Семенович, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: shvig31@mail.ru. Телефон +7 (8442) 41-81-53.

Шишкин Александр Сергеевич, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), e-mail: schischa@inbox.ru. Телефон 8 962 878 37 49.

Пахомов Александр Алексеевич, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, e-mail: shvig31@mail.ru. Телефон +7 (8442) 41-81-53.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-15

PRODUCTIVITY OF SAFLOR «*Cárthamus tinctorius*» IN VARIOUS MOISTURE SECURITY CONDITIONS

N. A. Zaitseva, E.V. Yachmeneva, I.I. Klimova, A.S. Dyakov

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Astrakhan region, Russia*

Received 03.02.2021

Submitted 15.05.2021

Summary

The results of a comparative assessment of safflower varieties in contrasting moisture conditions in the north of the Astrakhan region are presented. On the basis of the studies carried out and the obtained experimental material, the most promising ones were identified among the introduced samples, which can be used as a source material for breeding work. The data obtained showed that under irrigation conditions, the yield increased on average for 2019-2020. by 0.03 ... 0.57 t / ha in comparison with rainfed, but its absolute level was still low and was in the range of 0.23 ... 1.05 t / ha.

Abstract

Introduction. The sharply continental climate and geographical position of the Astrakhan region have a negative impact on the development and prospects of agricultural production. Natural and climatic conditions of the region are characterized by severe moisture deficit, poor and saline soils. More frequent droughts, accompanied by an increase in air temperature, adversely affect the growing season of many agricultural crops. To obtain high yields and competitive agricultural products, it is necessary to introduce crops that are more adapted to the conditions of a sharply continental climate. Safflower (*Carthamus tinctorium* L.) is more robust than any other oilseed crop when grown in arid conditions.

Object. The article presents the results of two-year research of 25 collection samples of dyeing safflower under irrigation and rainfed conditions. **Materials and methods.** Based on the data on soil moisture and temperature for the growing season, the water balance of safflower crops for 2019 - 2020 on dry land and irrigation was calculated, data on the norms and number of irrigations are given. A comparative assessment of safflower productivity under conditions of natural and irrigated moisture is given. **Results and conclusions.** The increase in yield on irrigation was 0.07 ... 1.02 t / ha in 2019, and 0.14 ... 1.03 t / ha in 2020. The results obtained in the experiment made it possible to identify promising safflower varieties from the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov: on bogara - Akhram, Milyutinsky 114, Sinaloa-90 and Zhivchik, on irrigation - Zhivchik, Akmai, Milyutinsky 114, Shahalli-260, Shirkas, Center 70 and Krasa Stupinskaya.

Key words: variety samples, productivity, productivity, irrigation, rainfed.

Citation. Zaitseva N.A., Yachmeneva E.V., Klimova I.I., Dyakov A.S. Productivity of safflower «*Carthamus tinctorius*» in various moisture security conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). (in Russian). 143-151. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-15.

Author's contribution. All authors of the study were directly involved in the implementation and analysis of this experiment. The authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of interest.

УДК 633.863.2

ПРОДУКТИВНОСТЬ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РАЗЛИЧНЫХ ПО ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ УСЛОВИЯХ

Н. А. Зайцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. В. Ячmeneва, младший научный сотрудник

И. И. Климова, младший научный сотрудник

А. С. Дьяков, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
п. Соленое Займище, Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 03.02.2021

Дата принятия к печати 15.05.2021

Аннотация. Приведены результаты сравнительной оценки сортообразцов сафлора в контрастных по влагообеспеченности условиях севера Астраханской области. На основании проведенных исследований и полученного экспериментального материала среди интродуцированных образцов были выделены наиболее перспективные, которые могут быть использованы в качестве исходного материала для селекционной работы. Полученные данные показали, что в условиях орошения урожайность повышалась в среднем за 2019-2020 гг. на 0,03...0,57 т/га в сравнении с богарой, однако абсолютный уровень ее был все же невысоким и находился в пределах 0,23...1,05 т/га.

Актуальность. Резко континентальный климат и географическое положение Астраханской области оказывают негативное влияние на развитие и перспективы ведения сельскохозяйственного производства. Природно-климатические условия области характеризуются жестким дефицитом

влаги, бедными и засоленными почвами. Участвовавшие засухи, сопровождающиеся повышением температуры воздуха, неблагоприятно влияют на вегетационный период многих сельскохозяйственных культур. Для получения высоких урожаев и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции необходимо внедрять культуры, более приспособленные к условиям резко континентального климата. Сафлор (*Carthamus tinctorium* L.) – это культура более надежная, чем любая другая масличная культура при выращивании в засушливых условиях. **Объект.** В статье приведены результаты двухлетних исследований 25 коллекционных образцов сафлора красильного в условиях орошения и богары. **Материалы и методы.** На основании данных влажности и температуры почвы за вегетационный период был рассчитан водный баланс посевов сафлора за 2019 – 2020 годы на богаре и орошении, приведены данные норм и количества поливов. Дана сравнительная оценка урожайности сафлора в условиях естественного и орошаемого увлажнения. **Результаты и выводы.** Прибавка урожая на орошении составила в 2019 году 0,07...1,02 т/га, в 2020 году – 0,14...1,03 т/га. Полученные в опыте результаты позволили выделить перспективные сортообразцы сафлора из коллекции ВИР: на богаре – Ахрам, Милютинский 114, Sinaloa-90 и Живчик, на орошении – Живчик, Акмай, Милютинский 114, Шахалли-260, Ширкас, Центр 70 и Краса Ступинская.

Ключевые слова: *сортообразцы сафлора красильного, продуктивность сафлора красильного, урожайность сафлора красильного, орошение сафлора красильного.*

Цитирование. Зайцева Н. А., Ячменева Е. В., Климова И. И., Дьяков А. С. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 143-151. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-15.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного эксперимента. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Богарное земледелие севера Астраханской области связано с большими рисками. Из-за недостаточного количества выпадающих осадков, частой повторяемости засух и суховеев урожайность сельскохозяйственных культур гораздо ниже генетического потенциала их продуктивности и подвержена существенным колебаниям по годам. Получение даже незначительного урожая в острозасушливые годы уже является результатом для данной области. Здесь стабильное выращивание сельскохозяйственных культур возможно лишь с применением систем орошения.

Сафлор красильный является наиболее подходящей культурой для выращивания в засушливых регионах и способен давать урожай даже в самых экстремальных условиях. Однако сильная засуха в критический период вегетации может привести к его сокращению, что в итоге негативно отразится на урожайности сафлора. Величина формируемого урожая зависит от комплекса агроклиматических и агротехнических условий, при которых данная культура может полнее реализовать свои биологические возможности продуктивности [7-10].

Глубокое и всестороннее изучение вопроса физиологии сорта в связи с воздействием на растения факторов, активно регулируемых человеком, должно заслуживать большого внимания уже потому, что используя полученные данные, земледelec сможет сознательно направлять свои усилия на получение необходимого урожая. Эти данные могут и должны быть использованы в селекции. Успех теоретических исследований по физиологии растений и применение познанных закономерностей в практике будут максимально результативными при рациональном сочетании. Это дает возможность полнее использовать наследственные особенности сорта [2, 4, 6].

Целью исследований являлось изучение продуктивности коллекционных образцов сафлора красильного в условиях богары и орошения.

Материалы и методы. Испытание 25 сортообразцов сафлора красильного проводилось в соответствии с методикой полевого опыта Доспехова Б. А., 1985 г. [1] и методикой госсортоиспытания, 1983 г., в котором были получены достоверные числовые показатели, обусловленные влиянием одного фактора – сорта [5]. Оценка морфобиологических и хозяйственных признаков проводилась согласно Классификатору вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный), 1985 г. [3].

Влажность почвы определялась влагомером-термометром SWM-5000.

Орошение опытного участка осуществлялось с помощью шланга Spray Golden, который за счет мелкодисперсного разбрызгивания и создания эффекта мелкого дождя обеспечивает равномерное и мягкое увлажнение почвы, не создавая при этом почвенной корки, а также способствует увлажнению воздуха вокруг растений.

За период вегетации сафлора в 2019 году было проведено 4 полива с орошаемой нормой 1224,0 м³/га. В 2020 году – 6 поливов, орошаемая норма за период вегетации составила 1759,5 м³/га (таблица 1).

Таблица 1 – Даты и нормы поливов сафлора красильного, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», за 2019-2020 гг.

Table 1 – Dates and norms of irrigation of dyeing safflower, FGBNU "PAFNTs RAS", for 2019-2020

Дата полива / Date glaze		Продолжительность полива, ч / Duration watering, h		Поливная норма, м ³ /га в минуту / Irrigation rate, m ³ / ha per minute	Поливная вода, м ³ /га / Irrigation water, m ³ / ha	
2019	2020	2019	2020		2019	2020
12.04	15.04	1,0	2,5	2,55	153,0	382,5
22.04	20.04	2,5	2,0	2,55	382,5	306,0
13.05	23.04	2,0	1,0	2,55	306,0	153,0
3.06	28.05	2,5	2,0	2,55	382,5	306,0
-	1.06	-	2,0	2,55	-	306,0
-	22.06	-	2,0	2,55	-	306,0
Итого: / Total:		8,0	11,5	2,55	1224,0	1759,5

Результаты и обсуждение. Посев в 2019 году проводился в начале апреля, когда температура в корнеобитаемом слое почвы составила 8,0 °С, а запасы влаги в посевном слое – 16,9 %, что способствовало получению дружных и равномерных всходов сафлора. Первые всходы как на богаре, так и на орошении появились на 12-14 день после посева.

Результаты исследований показали, что продолжительность межфазных периодов различных сортообразцов сафлора красильного в условиях богары зависела от показателей среднесуточной температуры воздуха и осадков. Сумма активных температур за период вегетации сафлора (1937 °С) значительно сократила его вегетационный период до 74-77 дней. В условиях орошения период вегетации составил 98-100 дней.

В мае, в период бутонизации, количество осадков было минимальным – 8,9 мм. В условиях богары влажность почвы на глубине 0,1 м составила 6,5 %, а температура почвы – 24,4 °С. Максимальная температура воздуха пришлась на фазы цветения и плодообразования – в июне, в отдельные дни она достигала 39 °С. Осадков в этом месяце выпало очень мало – 4,9 мм. Запас влаги в верхнем слое почвы составил 4,1 % при температуре почвы 26,8 °С. Общее количество осадков за вегетационный период составляло 88,1 мм.

На орошении было проведено всего 4 полива. В третьей декаде апреля и в первой декаде июня при наименьшем количестве осадков (0,5 мм) запасы доступной влаги в 0,1 м составили 10,2 % и 8,0 % при температуре почвы 13,7 °С и 25,8 °С, после проведенных поливов влажность почвы составила 66,3 % и 64,5 %.

Погодные условия 2020 года позволили провести посев всех изучаемых образцов сафлора красильного 30 марта, но из-за длительного периода отсутствия осадков всходы в богарных условиях были получены очень поздно, только к концу апреля – началу мая, после выпадения 20,4 мм осадков.

Период вегетации коллекционных образцов сафлора на богаре продолжался от 52 до 79 суток и в среднем был на 6...24 суток короче, чем на орошении. Продолжительность вегетационного периода у коллекционных образцов сафлора красильного на орошении составляла 76-85 суток.

Таким образом, можно говорить о том, что обеспечение посевов сафлора влагой ведет к удлинению межфазных периодов и увеличению вегетационного периода в целом.

В 2020 году в условиях естественного увлажнения, к концу вегетационного периода, запасы доступной воды для растений сафлора оказались исчерпанными. В период посева влажность почвы на богаре составляла на глубине 0,1 м 5,1 % объемной влаги при температуре 11,8 °С. На начало всходов влажность почвы на глубине прорастания была минимальной (3,6 %), при температуре почвы 10,3 °С. Самая высокая влажность почвы на глубине 0,2 м составляла 48,9 %. Иссущение и уменьшение влажности почвы опытного участка до 19,4-15,4 % происходило в критический для культуры период – «бутонизация и цветение». Это связано с тем, что со второй декады июня и до конца вегетации осадков не наблюдалось, а высокая температура и низкая влажность воздуха усиливали иссущение почвы за счет большего испарения.

На орошении на момент сева влажность почвы на глубине 0,1 м составляла 5,3 %, температура почвы – 11,5°С. Наибольшие запасы влаги 64,4 % в корнеобитаемом слое почвы наблюдались в конце апреля после двух проведенных поливов (на момент полных всходов) и в первой декаде мая 63,4 % (бутонизация – цветение).

Проводимые поливы способствовали увлажнению верхних слоев почвы, что благоприятно отражалось на росте, развитии растений и их продуктивности.

На основании данных по поливам, осадкам и влажности почвы был рассчитан водный баланс посевов сафлора за 2019 – 2020 годы на богаре и орошении (таблица 2).

Из данных таблицы видно, что в богарных условиях в 2019 году запасы продуктивной влаги перед уборкой составляли 20,1 мм. На орошении – 38,6 мм. В 2020 году на момент уборки практически не осталось влаги в почве – 8,9 мм, в то время как на орошении ее запас в почве составлял 32,5 мм.

Таблица 2- Водный баланс посевов сафлора красильного,
ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», за 2019-2020 гг.

Table 2- Water balance of dyeing safflower crops, FGBNU «PAFNTs RAS»,
for 2019-2020

Показатель / Indicator	Богара / Bogara		Орошение / Irrigation	
	2019	2020	2019	2020
Запасы доступной влаги при посеве в слое 0-1,0 м, мм / Available moisture reserves during sowing in layer 0-1.0 m, mm	17,2	18,4	17,2	18,4
Осадки за период всходы – уборка, мм / Precipitation for the period of germination - harvesting, mm	88,1	65,8	88,1	65,8
Поливная вода, м ³ /га / Irrigation water, m ³ / ha			1224,0	1759,5
Запасы доступной влаги перед уборкой, мм / Available moisture reserves before harvesting, mm	20,1	8,9	38,6	32,5
Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ / ha	85,2	75,3	1290,7	1811,2

Суммарное водопотребление в богарных условиях в 2019 году составляло 85,2 м³/га, в 2020 – 75,3 м³/га, на орошении в 2019 году – 1290,7 м³/га, в 2020 – 1811,2 м³/га.

Урожайность сортообразцов сафлора красильного как на орошении, так и на богаре в 2019 году сильно варьировала. Практически все изучаемые сортообразцы коллекции ВИР в богарных условиях превосходили по урожайности стандартный сорт Астраханский 747, за исключением сортов Saffire (Канада), Centennial (Канада), Sinaloa-90 (Мексика), Живчик (Украина), Кормовой 196 (ВНИИОБ), Александрит (НВНИИСХ), Талан (Казахстан). Наиболее урожайным являлся сорт Ахрам (Казахстан) – 0,77 т/га, что на 0,49 т/га больше стандарта. Также достоверно превышали стандартный сорт Астраханский 747 с урожайностью 0,28 т/га сорта Милютинский 114 (Милютинская ГСС) – 0,60 т/га, что на 0,32 т/га выше стандарта, а также сорта Lesaf 175-1 (Канада) – 0,57 т/га, Шифо (Таджикистан) – 0,50 т/га, Ширкас (Казахстан) – 0,51 т/га, превышающие стандартный сорт на 0,22...0,29 т/га. У остальных урожайность варьировала от 0,11 до 0,43 т/га (рисунок 1).

В условиях орошения 2020 года наиболее урожайными показали себя сорта Живчик – 1,23 т/га и Акмай – 1,26 т/га, что на 0,88 и 0,91 т/га выше стандартного сорта. В сравнении с богарой прибавка к урожайности у этих образцов составляла 1,02 и 0,96 т/га.

В среднем в 2019 году урожайность сафлора из коллекции ВИР на орошении увеличивалась от 0,07 до 1,02 т/га.

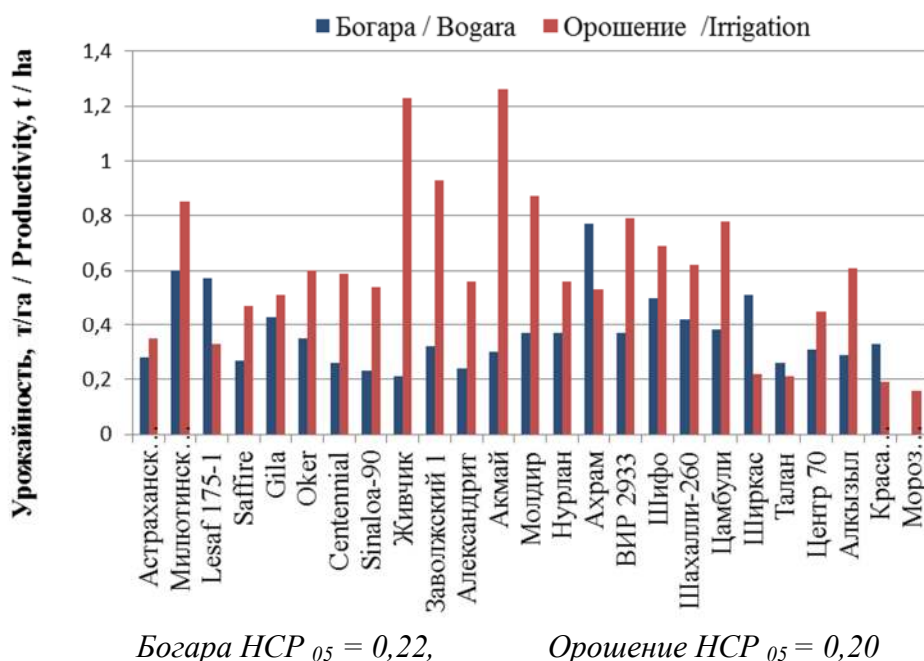


Рисунок 1 – Урожайность сортообразцов сафлора красильного за 2019 год на орошении и богаре

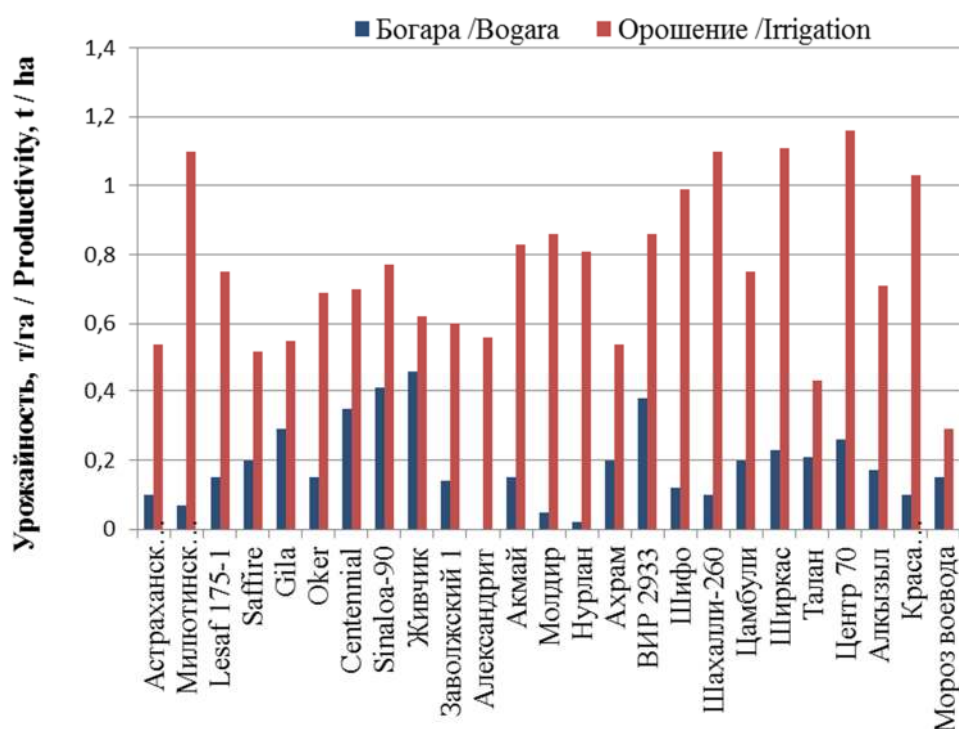
Figure 1 – Yield of dyeing safflower varieties for 2019 on irrigation and dry land

Несмотря на тяжелые климатические условия 2020 года, в богарных условиях смогли получить минимальный урожай сортообразцов сафлора из коллекции ВИР.

Наибольшую урожайность в условиях богары сформировали в текущем году сорта Sinaloa-90 из Мексики и Живчик из Украины – 0,41 и 0,46 т/га, соответственно, а также сорт ВИР 2933 из Таджикистана – 0,38 т/га. У стандартного сорта урожайность была невысокая – 0,10 т/га, меньше стандарта были сорта Нурлан – 0,02 т/га, Молдир – 0,05 т/га и Милютинский 114 – 0,07 т/га. У остальных сортов урожайность варьировала от 0,10 до 0,29 т/га.

В условиях орошения урожайность была выше. У стандартного сорта Астраханский 747 она увеличивалась на орошении на 0,44 т/га и составляла 0,54 т/га. Низкопродуктивный сорт на богаре Милютинский 114 на орошении давал 1,10 т/га, что выше богары на 1,03 т/га. Также высокую урожайность имели в условиях орошения сорта Шахалли-260, Ширкас, Центр 70, Краса Ступинская – 1,03...1,11 т/га. Меньше стандарта была урожайность у сортов Мороз-воевода – 0,29 т/га, Талан – 0,43 т/га и Saffire – 0,52 т/га. У остальных сортообразцов урожайность была больше стандартного сорта и составляла от 0,56...0,99 т/га.

В среднем у сортообразцов на орошении увеличивалась урожайность на 0,14...1,03 т/га.



Богара НСР₀₅ = 0,09

Орошение НСР₀₅ = 0,04

Рисунок 2 – Урожайность сортообразцов сафлора красильного за 2020 год на орошении и богаре

Figure 2 – Yield of dyeing safflower varieties for 2020 on irrigation and dry land

Выводы. В результате сравнительной оценки продуктивности сафлора в контрастных по увлажнению условиях (богара, орошение) можно сделать вывод, что урожайность сортообразцов сафлора красильного на орошении в среднем увеличилась в 2019 году на 0,07...1,02 т/га, в 2020 – на 0,14...1,03 т/га.

По итогам двухлетних исследований на богаре выделились образцы Ахрам, Милютинский 114, Sinaloa-90 и Живчик, на орошении – Живчик, Акмай, Милютинский 114, Шахалли-260, Ширкас, Центр 70 и Краса Ступинская.

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. М.: Агропромиздат, 1985. 351с.
2. Киричкова И. В., Мелихова А. В. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в Условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование Волгоград. 2019. № 2 (54). С. 90-98.

3. Классификатор вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный). Л., 1985. 15 с.
4. Мелихов В. В., Попов А. В. Технология возделывания сафлора красильного в рисовых агроландшафтах Сарпинской Низменности // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 2. С. 21-25.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 3. Масличные, эфиромасличные, лекарственные и технические культуры, шелковица, тутовый шелкопряд / под ред. М. А. Федина. 1983. 184 с.
6. Плесащев Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование Волгоград. 2020. № 3 (59). С. 134-142.
7. Полушкин П. В. Режим орошения и динамика влажности почвы под сафлором красильным в условиях Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова. 2006. № 6. С. 21-23.
8. Темиркулова С. К., Куликова И. М., Курило А. А. Интродукция и особенности сафлора красильного на семена // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. С. 41-43.
9. Amini H., Arzani A., Bahrami F. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress // Int J. of Plant Prod. 2013. № 7. P. 597-614.
10. Canavar O., Gotz K. P., Koka Y. O. Relationship between water use efficiency and $\delta^{13}C$ isotope discrimination of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress // Turk J Field Crops. 2014. № 19. P. 212-220.

Conclusions. As a result of a comparative assessment of the productivity of safflower in conditions of contrasting moisture conditions (rainfed, irrigation), it can be concluded that the yield of safflower varieties on irrigation increased on average in 2019 by 0.07 ... 1.02 t / ha, in 2020 - by 0.14 ... 1.03 t / ha. According to the results of two years of research on bogar, samples of Akhram, Milyutinsky 114, Sinaloa-90 and Zhivchik were isolated, on irrigation - Zhivchik, Akmai, Milyutinsky 114, Sha-halli-260, Shirkas, Center 70 and Krasa Stupinskaya.

References

1. Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy ob-rabotki rezul'tatov issledovaniya. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
2. Kirichkova I. V., Melihova A. V. K voprosu povysheniya produktivnosti saflora krasil'nogo v Usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya Nizhne-volzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie Volgograd. 2019. № 2 (54). P. 90-98.
3. Klassifikator vida *Carthamus tinctorius* L. (Saflor krasil'nyj). L., 1985. 15 p.
4. Melihov V. V., Popov A. V. Tehnologiya vozdel'yvaniya saflora krasil'no-go v risovyh agromeliolandshtafah Sarpinskoy Nizmennosti // Rossijskaya sel'-skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 2. P. 21-25.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'-tur. Vypusk 3. Maslichnye, jfiromaslichnye, lekarstvennye i tehicheskie kul'tu-ry, shelkovica, tutovyj shelkopryad / pod red. M. A. Fedina. 1983. 184 p.
6. Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Magomedova D. A. }lementy tehnologii vozdel'yvaniya razlichnyh sortov saflora krasil'nogo // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie Volgograd. 2020. № 3 (59). P. 134-142.
7. Polushkin P. V. Rezhim orosheniya i dinamika vlazhnosti pochvy pod saflorom krasil'nyim v usloviyah Saratovskogo Zavolzh'ya // Vestnik Saratovskogo GAU im. N. I. Vavilova Saratov. 2006. № 6. P. 21-23.
8. Temirbekova S. K., Kulikova I. M., Kurilo A. A. Introdukcija i osoben-nosti saflora krasil'nogo na semena // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skoho-zyajstvennyh nauk Moskva. 2014. № 1. P. 41-43.

9. Amini H., Arzani A., Bahrami F. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress // *Int J. of Plant Prod.* 2013. № 7. P. 597-614.

10. Canavar O., Gotz K. P., Koka Y. O. Relationship between water use efficiency and $\delta^{13}C$ isotope discrimination of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress // *Turk J Field Crops.* 2014. № 19. P. 212-220.

Author's Information

Zaitseva Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head. lab. Agricultural crop breeding FGBNU "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251. Astrakhan Region, Chernoyarsk District, Solenoe Zaimishche village, Severny quarter, 8)

Yachmeneva Ekaterina Vasilievna, junior research fellow. Selection of agricultural crops. Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Russia.

Klimova Irina Ivanovna, junior researcher Selection of agricultural crops. Prikaspiyskiy Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Russia.

Dyakov Alexander Sergeevich, junior researcher Selection of agricultural crops. Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Russia.

416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, s. Salty Zaymishche, st. Severny quarter, 8

Tel.: 89275621950, e-mail: rexham@rambler.ru

Информация об авторах

Зайцева Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д.8)

Ячменева Екатерина Васильевна, младший научный сотрудник лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д.8).

Климова Ирина Ивановна, младший научный сотрудник лаб. селекции сельскохозяйственных культур. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д.8)

Дьяков Александр Сергеевич, младший научный сотрудник лаб. селекции сельскохозяйственных культур. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д.8).

Тел.: 89275621950, e-mail: rexham@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-16

ESTABLISHMENT OF A NETWORK OF ECOLOGICAL RESERVES AS A WAY OF ENHANCING THE BIODIVERSITY OF ENTOMOFAUNA

E. V. Komarov, O. P. Komarova

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received _15.03.2021

Submitted 25.05.2021

Summary

The article considers the problems of biodiversity conservation in irrigated agricultural landscapes of the Lower Volga region, protection of rare and endangered species of insects and plants. The issues of creating a network of ecological reserves on the territory of the «Peschanaya» gully, within the land use boundaries of the Federal State Unitary Enterprise «Oroshaemoe», located within the southern part of the Volga-Don interfluvium, are considered.

Abstract

Introduction. The high degree of development of territories, the significant anthropogenic impact on the agrolandscapes associated with the intensification of agriculture, lead to a deterioration in the living conditions of populations of many species of plants, vertebrates and invertebrates that form natural biocenoses and support the homeostasis of ecosystems. Preserving the biodiversity of plant and insect species in the transformation of natural ecosystems, an increased pesticide pressure, increased anthropogenic loads is a very urgent task, since the polymorphism of biocenosis is an important condition for

the formation of sustainable communities in agroecosystems. **Object.** Biocenoses of irrigated agricultural landscapes of the Lower Volga region. The purpose of the research is to find possible ways to increase the diversity of biocenoses in order to increase the sustainability of irrigated agricultural landscapes. **Results and conclusions.** Effective measures are proposed aimed at preserving the biodiversity of natural-territorial complexes in general and the biological diversity of irrigated agrolandscapes in particular. The issues of creating a network of ecological reserves on the territory of the «Peschanaya» gully, within the land use boundaries of the Federal State Unitary Enterprise «Oroshaemoe», are considered. It is justified that the creation of ecological reserves is due to the need to preserve and restore the number of populations of rare and endangered species, as well as natural pollinators (anthophiles), predatory and parasitic insects that regulate and restrain the development of pest populations. It is proposed to attribute to ecological reserves on the territory of the farm minimally developed or not covered by economic activity territories (low-value lands, inconveniences, beams) on which natural communities of living organisms are reserved, that is, natural biocenoses are preserved in a relatively small form. Such natural reserves occupy 15 % of the economy and are of great importance for the habitation and survival of many species of beneficial insects, playing the role of "islands of life" in agroecosystems. It is shown that for the Federal State Unitary Enterprise «Oroshaemoe», where the plowing of land is over 75 %, only the complex application of organizational, economic, agrotechnical and biological methods of plant protection and the creation on the territory of land use of an economy of ecological microreserves and a wildlife sanctuary, improving the ecological situation with the reservation of pollinators, parasites - natural regulators of the number of harmful objects, will make it possible to actually manage agrobiocenoses, reducing the pesticide load by 30-40 %.

Key words: *biodiversity, sustainability of agroecosystems, ecological reserves, irrigated agrolandscapes.*

Citation. Komarov E. V., Komarova O. P. Establishment of a network of ecological reserves as a way of enhancing the biodiversity of entomofauna. . *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 151-159 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-16.

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 574.472:574.474:631.67

СОЗДАНИЕ СЕТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЭНТОМОФАУНЫ

Е. В. Комаров, кандидат биологических наук

О. П. Комарова, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию _15.03.2021

Дата принятия к печати 25.05.2021

Актуальность. Высокая степень освоения территорий, значительное антропогенное воздействие на агроландшафты, связанное с интенсификацией земледелия, приводят к ухудшению условий существования популяций многих видов растений, позвоночных и беспозвоночных животных, формирующих природные биocenозы и поддерживающих гомеостаз экосистем. Сохранение биоразнообразия видов растений и насекомых при трансформации естественных экосистем, повышенном пестицидном прессе, увеличенных антропогенных нагрузках является весьма актуальной задачей, поскольку полиморфность биocenоза – важное условие для формирования устойчивых сообществ в агроэкосистемах. **Объект.** Биocenозы орошаемых агроландшафтов Нижнего Поволжья. **Цель** исследований заключается в поиске возможных путей повышения разнообразия биocenозов для повышения устойчивости орошаемых агроландшафтов. **Результаты и выводы.** Предложены действенные меры, направленные на сохранение биоразнообразия природно-

территориальных комплексов в целом и биологического разнообразия орошаемых агроландшафтов в частности. Рассмотрены вопросы создания сети экологических резерватов и заказника на территории балки Песчаная, в границах землепользования ФГУП «Орошаемое». Обосновано, что создание экологических резерватов обусловлено необходимостью сохранения и восстановления численности популяций редких и исчезающих видов, а также природных опылителей (антофилов), хищных и паразитических насекомых, регулирующих и сдерживающих развитие популяций вредителей. Предложено к экологическим резерватам на территории хозяйства отнести минимально освоенные или неохваченные хозяйственной деятельностью территории (малоценные земли, неудобья, балки), на которых резервируются природные сообщества живых организмов, то есть сохраняются в относительно малоизмененной форме природные биоценозы. Такие естественные природные резервации занимают в хозяйстве 15 % и имеют большое значение для обитания и выживания многих видов полезных насекомых, выполняя в агроценозах роль «островов жизни». Показано, что для ФГУП «Орошаемое», где распаханность земель составляет свыше 75 %, только комплексное применение организационно-хозяйственных, агротехнических и биологических приемов защиты растений и создание на территории землепользования хозяйства экологических микрорезерватов и заказника, улучшающих экологическую ситуацию с резервированием опылителей, энтомофагов и паразитов – природных регуляторов численности вредных объектов, позволит реально управлять агробиоценозами, снижая пестицидную нагрузку на 30-40 %.

Ключевые слова: биоразнообразие энтомофауны, устойчивость агроэкосистем, экологические резерваты, орошаемые агроландшафты.

Цитирование. Комаров Е. В., Комарова О. П. Создание сети экологических резерватов как одно из направлений повышения биоразнообразия энтомофауны. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (61). 151-159. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-16.

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. Освоение человеком обширнейших территорий в целях оптимизации сферы своего обитания приводит к ухудшению условий существования популяций многих видов растений, позвоночных и беспозвоночных животных, формирующих природные биоценозы и поддерживающих гомеостаз экосистем. Негативное антропогенное воздействие, заключающееся в трансформации естественных экосистем, повышенном пестицидном прессе, создании в долинах рек крупных водохранилищ с затоплением пойменных лесных и луговых угодий, деградация естественных пастбищ и опустынивание нераспаханных массивов сухих степей и лиманов лишили естественных местообитаний многих представителей флоры и фауны. При обработке полей инсектицидами наряду с вредными гибнут и полезные насекомые [3]. В целом по Российской Федерации в охране нуждается 474 вида покрытосеменных (цветковых) растений, 95 видов насекомых. Только из флоры Волгоградской области в Красную книгу внесен 151 вид цветковых растений, а также 46 видов насекомых. Среди них большинство уязвимых, узкоэндемичных, редких, а также важных в хозяйственном отношении видов.

В природных экосистемах без вмешательства человека, как правило, идет саморегуляция численности фитофагов за счет действия природных факторов. Если же эти естественные биорегуляторы в сильной степени нарушены, неизбежно возникают предпосылки для всплеск массового размножения вредителей [1, 7]. В связи с этим актуально управление биоценозами с активизацией природных биорегуляторов, созданием благоприятных условий для сохранения и размножения энтомофагов в сочетании с нехимическими методами защиты растений, что позволяет значительно снижать объемы применения химических средств [5, 12].

Проблема управления энтомологическими комплексами в агроландшафтах в рамках природоохранных мероприятий и нормативных актов по охране фауны насекомых с целью поддержания и увеличения биоразнообразия для формирования устойчивых агроэкосистем актуальна во многих странах. Так, в Австралии предложен новый стратегический национальный подход к сохранению насекомых, основанный на сохранении местобитаний видов, находящихся под угрозой исчезновения [16]. В Швеции проведены исследования по изучению малых естественных биотопов (необрабатываемых обочин полей, обочин дорог, опушек лесополос), которые, по мнению авторов, являются потенциально стратегическими местами обитания насекомых для сохранения их биоразнообразия [14]. На проблемах сохранения биоразнообразия через сохранение вторичной среды обитания и расширения функционального разнообразия естественных лесостепных участков агроландшафта, в частности, умеренно выпасаемых пастбищ и обочин дорог обращают внимание Т. Fartmann [10], Н. Kaur и другие [15], D. L. Pearson [13].

Опыт России в природоохранной деятельности несомненен. Так, российскими учеными предложено формирование энтомологических микрорезерватов, представляющих собой уникальный тип охраняемых территорий, состоящих из небольших фрагментов земли, полностью исключенных из хозяйственной деятельности человека и посвященных сохранению (часто активному) определенных групп насекомых [11].

Результаты и обсуждение. Крайне важно сохранение биоразнообразия в мелиорируемых агроландшафтах. В качестве действенных мер, направленных на сохранение биоразнообразия природно-территориальных комплексов в целом и биологического разнообразия орошаемых агроландшафтов в частности, предложены:

- выявление и охрана сохранившихся участков естественных наземных и водных экосистем в пределах мелиорируемых территорий;
- создание природных резерватов в местностях, урочищах, подурочищах, непригодных и малопригодных для ведения растениеводства;
- расширение буферных зон между рабочими участками крупных оросительных систем с залужением земель и созданием насаждений из лесных и плодовых культур;
- охрана существующих заказных и заповедных территорий;
- расширение сети особо охраняемых природных территорий, включая микрозаповедники и микрозаказники, с созданием на этой основе природоохранного «экологического каркаса» мелиорируемых территорий;
- максимальная биологизация растениеводства со значительным сокращением применения химических средств защиты культурных растений;
- повышение культуры ведения агропромышленного производства в поймах малых и больших рек.

Значительная степень распаханности территории ФГУП «Орошаемое» (79,5 %), расположенного в границах южной части Волго-Донского междуречья, постоянное применение пестицидов и значительный антропогенный прессинг создают неблагоприятные условия обитания для многих видов полезных насекомых. Результатом недостаточной численности энтомофагов – хищников и паразитов – являются перманентные вспышки массового размножения вредителей. У таких ценных сельскохозяйственных культур, как люцерна и клевер, невысока урожайность, находящаяся в прямой зависимости от численности и разнообразия опылителей. В снижении пестицидного пресса, наряду с агротехническими методами защиты растений, следует отметить также важную роль биологических способов борьбы с вредителями, за счет использования которых возможно снижение объемов применения пестицидов до 50 %. Одно из важнейших

направлений биометода – использование природных популяций энтомофагов, а также возбудителей болезней насекомых (энтомопатогенов) и других полезных организмов (насекомоядные птицы, земноводные, мелкие млекопитающие и т.д.) [9].

Повышения эффективности природных популяций энтомофагов можно достичь путем создания благоприятных экологических условий для их размножения и сохранения. В этих целях применяются различные приемы, важнейшими из которых являются подсевы нектароносов, создание природоохранных зон, в которых происходит накопление, восстановление численности опылителей растений и естественных врагов фитофагов [8]. В число таких природоохранных зон входят различного рода природные резерваты, энтомологические микрозаповедники и заказники.

На территории балки Песчаная, в границах землепользования ФГУП «Орошаемое», нами предлагается создание сети экологических резерватов и заказника, которое обусловлено необходимостью сохранения и восстановления численности популяций редких и исчезающих видов, а также природных опылителей (антофилов), хищных и паразитических насекомых, регулирующих и сдерживающих развитие популяций вредителей.

К природным резерватам на территории хозяйства (рисунок 1) мы относим минимально освоенные или не охваченные хозяйственной деятельностью территории (малоценные земли, неудобья, балки), на которых резервируются природные сообщества живых организмов, т.е. сохраняются в относительно малоизмененной форме природные биоценозы. Такие естественные природные резервации занимают в хозяйстве 15 % и имеют большое значение для обитания и выживания многих видов полезных насекомых, выполняя в агроценозах роль «островов жизни».

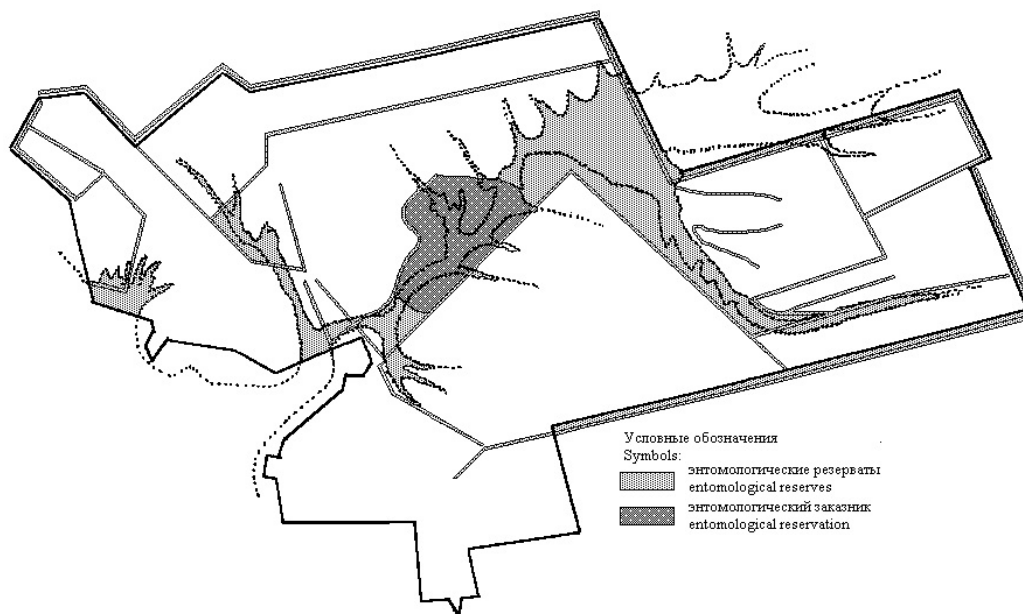


Рисунок 1 – Размещение энтомологических резерватов и заказника в ФГУП «Орошаемое»

Figure 1 – Location of entomological reserves in FSUE «Oroshaemoe»

Экологические резерваты и заказник в ФГУП «Орошаемое» будут играть достаточно эффективную роль в сохранении и устойчивом использовании биоразнообразия, что в значительной степени определяется сложным рельефом территории. Понижения, западины в балке, пруды создают режим повышенной влажности, периодического накопления

дождевых и талых вод, являются экологическими нишами для гигрофильных растений и насекомых. Тем самым создаются благоприятные условия для расширения спектра обитающих здесь беспозвоночных (от типичных ксерофилов до мезо- и гигрофилов).

Кроме того, за счет увеличения числа и разнообразия микростанций (каналы, водосбросы, пруды-накопители и др.) возрастает пространственное разнообразие среды, что, по мнению ряда экологов [2, 4, 5], повышает устойчивость агроландшафта, способность противостоять различным внешним воздействиям. Появление новых станций повышает общее разнообразие условий обитания для различных экологических групп насекомых [5]. В частности, обочины дорог, каналов для открытой оросительной сети, опушки лесополос по всей территории хозяйства обеспечивают благоприятные условия для поселения землеройных диких пчел, ос, шмелей и других опылителей.

Кроме того, как нельзя лучше отвечают решению природоохранных задач с точки зрения сохранения антофилов, энтомофагов и других полезных живых организмов лесополосы, площади которых в ФГУП «Орошаемое» составляют 101,4 га с общей протяженностью 74,5 км. Роль лесополос в сохранении многих видов полезных насекомых, создании устойчивых, саморегулируемых агробиоценозов ничем не заменима, поскольку они непосредственно примыкают к полям. Достаточно сказать, что для многих видов хищных жесткокрылых, перепончатокрылых, сетчатокрылых и прочих групп энтомофагов и опылителей лесополосы и обочины полей являются основными местами обитания, размножения и перезимовки (в подстилке, под корой деревьев, в пнях, в многолетней крупностебельной растительности) и единственным шансом выживания. Одновременно лесополосы являются одним из важных источников миграций полезной энтомофауны на поля [6, 9]. Кустарники и деревья определенного видового состава выполняют также дополнительную функцию своеобразного многолетнего конвейера нектароносных и пыльценосных растений.

По этой причине лесополосы и их опушки, обочины полевых дорог и оросительных каналов выделяются нами в особую категорию природоохранных элементов (агро-резерваты) с комплексными задачами в земледелии. Следует отметить, что специальные охранные мероприятия в агрорезерватах не предусматриваются.

Несколько иным юридическим статусом – охраняемая природная территория – обладает заказник. Заказники – земельные участки, на территории которых на установленный срок (он определяется рамками поставленных природоохранных задач) ограничивается хозяйственная деятельность человека. Первоочередная задача заказника – временное сохранение, накопление и хозяйственное использование полезных живых организмов, в частности, опылителей растений.

Создание экологических резерватов и заказника обосновывается обнаружением на территории хозяйства уникальных мест высокой концентрации полезных и редких видов насекомых и растений, занесенных в Красную книгу и требующих охраны, а также необходимостью сохранения генофонда типичных биоценозов. Так, на территории хозяйства отмечены редкие, занесенные в Красную книгу Волгоградской области и требующие особого внимания виды насекомых и растений: жужелица венгерская (*Carabus hungaricus* F.), жужелица бессарабская (*Carabus bessarabicus* F.-W.), красотел пахучий (*Calosoma sycophanta* L.) тюльпан Геснера (Шпенка) (*Tulipa gesneriana* L.), ирис карликовый (*Iris pumila* L.), безвременник яркий (*Colchicum laetum* Stev.).

Значительная площадь заказника должна обеспечить эффективность выполнения задачи сохранения всего комплекса видового разнообразия насекомых и количественной популяционной структуры биоценозов. Кроме того, при меньших размерах заказника не исключается возможность переноса химических средств защиты при обработках, а также

влияние других неблагоприятных факторов на обитание, размножение и выживание насекомых. Особенно большие трудности возникают в решении проблем сохранения отдельных видов опылителей с высокими миграционными способностями, дополняемой пассивной миграцией с сильными ветрами, перемещением в потоках воздуха.

Выводы. Для ФГУП «Орошаемое», где распаханность земель составляет свыше 75 %, только комплексное применение организационно-хозяйственных, агротехнических и биологических приемов защиты растений и создание на территории землепользования хозяйства экологических микрорезерватов и заказника, улучшающих экологическую ситуацию с резервированием опылителей, энтомофагов и паразитов – природных регуляторов численности вредных объектов, позволит реально управлять агробиocenозами, снижая пестицидную нагрузку на 30-40 %.

Библиографический список

1. Власенко Н. Г. Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 25-29.
2. Долженко В. И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 24-26.
3. Захаренко В. А. Пестициды в интегрированном управлении фитосанитарными рисками чрезвычайных ситуаций, вызываемых особо опасными вредителями в агроэкосистемах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 25-36.
4. Коваленков В. Г. Научный и практический опыт построения биоценологического контроля фитосанитарного состояния агроэкосистем // Агрохимия. 2019. № 6. С. 50-63.
5. Мелихов В. В., Комаров Е. В., Комарова О. П. Орошение – основа повышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях юго-востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 34-39.
6. Семеренко С. А. Экология и защита растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 4 (164). С. 103-137.
7. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений / И. В. Дудкин, В. М. Дудкин, А. Я. Айдиев, Н. И. Стрижков, Т. А. Дудкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 7. С. 2-7.
8. Ecological aspects of phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the South of Russia / E. A. Ivantsova, V. V. Novochadov, N. V. Onistratenko, M. V. Postnova // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 23. Issue 5. Pp. 8334-8342.
9. Falahzadah M. H., Karimi J., Gaugler R. Biological control chance and limitation within integrated pest management program in Afghanistan // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2020. Vol. 30. Issue 1. Number of article 86.
10. Fartmann T. Insect conservation: a global synthesis // Journal of Insect Conservation. 2020. Vol. 24. Issue 2. Pp. 397-397.
11. Govorushko S. M., Nowicki P. Lessons from insect conservation in Russia // Journal Of Insect Conservation. 2019. Vol. 23. I. 1. Pp. 1-14.
12. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // Pest Management Science. 2018. V. 74. Issue 3. Pp. 505-510.
13. Pearson D. L. Biodiversity in the Anthropocene // Journal of Insect Conservation. 2020. Vol. 24. Iss. 1. Pp. 1-3.
14. Riggi L. G. A., Berggren A. Small field islands systems include a large proportion of the regional orthopteran species pool in arable landscapes // Journal of Insect Conservation. 2020. Vol. 24. Iss. 4. Pp. 695-703.
15. Road verges are important secondary habitats for grassland arthropods / H. Kaur, A. Torma, N. Galle-Szpisjak, J. Seat, G. Lorinczi, G. Modra, R. Galle // Journal of Insect Conservation. 2019. Vol. 23. Iss. 5-6. Pp. 899-907.
16. Strategic national approach for improving the conservation management of insects and allied invertebrates in Australia / G. S. Taylor [et al.] // Austral Entomology. 2018. Vol. 57. Issue 2. Pp. 124-149. DOI: 10.1111/aen.12343

Conclusions. For the Federal State Unitary Enterprise "Oroshaemoe", where the ploughing of land is more than 70%, only the complex application of organizational, economic, agrotechnical and biological methods of plant protection and the creation of ecological micro-reserves and nature reserves on the territory of the land use of the farm, which improve the ecological situation with the reservation of pollinators, entomophages and parasites-natural regulators of the number of harmful objects, will allow to effectively manage agrobiocenoses, reducing the pesticide load by 30-40%.

References

1. Vlasenko N. G. Basic methodological principles of the formation of modern plant protection systems // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. V. 30. No 4. Pp. 25-29.
2. Dolzhenko V. I. Plant protection: present and future // *Plodorodie*. 2018. No. 1 (100). Pp. 24-26.
3. Zaharenko V. A. Pesticides in the integrated management of phytosanitary risks of emergencies caused by highly dangerous pests in agroecosystems // *Agrohimija*. 2016. No 4. Pp. 25-36.
4. Kovalenkov V. G. Scientific and practical experience in constructing biocenotic control of the phytosanitary state of agroecosystems // *Agrohimija*. 2019. No 6. Pp. 50-63.
5. Melihov V. V., Komarov E. V., Komarova O. P. Irrigation is the basis for increasing the stability of entomocenoses in arid conditions of southeastern Russia // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. V. 14. No. 1 (52). Pp. 34-39.
6. Semerenko S. A. Ecology and plant protection // *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur*. 2015. No 4 (164). Pp. 103-137.
7. Environmental aspects of the formation of systems of farming and plant protection / I. V. Dudkin, V. M. Dudkin, A. Ja. Ajdiev, N. I. Strizhkov, T. A. Dudkina // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2017. No 7. Pp. 2-7.
8. Ecological aspects of phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the South of Russia / E. A. Ivantsova, V. V. Novochadov, N. V. Onistratenko, M. V. Postnova // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2017. Vol. 23. Issue 5. Pp. 8334-8342.
9. Falahzadah M. H., Karimi J., Gaugler R. Biological control chance and limitation within integrated pest management program in Afghanistan // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2020. Vol. 30. Issue 1. Number of article 86.
10. Fartmann T. Insect conservation: a global synthesis // *Journal of Insect Conservation*. 2020. Vol. 24. Issue 2. Pp. 397-397.
11. Govorushko S. M., Nowicki P. Lessons from insect conservation in Russia // *Journal Of Insect Conservation*. 2019. Vol. 23. I. 1. Pp. 1-14.
12. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // *Pest Management Science*. 2018. V. 74. Issue 3. Pp. 505-510.
13. Pearson D. L. Biodiversity in the Anthropocene // *Journal of Insect Conservation*. 2020. Vol. 24. Iss. 1. Pp. 1-3.
14. Riggi L. G. A., Berggren A. Small field islands systems include a large proportion of the regional orthopteran species pool in arable landscapes // *Journal of Insect Conservation*. 2020. Vol. 24. Iss. 4. Pp. 695-703.
15. Road verges are important secondary habitats for grassland arthropods / H. Kaur, A. Torma, N. Galle-Szpisjak, J. Seat, G. Lorinczi, G. Modra, R. Galle // *Journal of Insect Conservation*. 2019. Vol. 23. Iss. 5-6. Pp. 899-907.
16. Strategic national approach for improving the conservation management of insects and allied invertebrates in Australia / G. S. Taylor [et al.] // *Austral Entomology*. 2018. Vol. 57. Issue 2. Pp. 124-149. DOI: 10.1111/aen.12343

Authors Information

Komarov Evgeny Vladimirovich, Senior researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» (400002, Volgograd, Timirjaseva Street, 9), Candidate of biological sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-7923>, e-mail: evkomarov@rambler.ru, тел. +79272511375

Komarova Olga Petrovna, Leading researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» (400002, Volgograd, Timirjaseva Street, 9), Candidate of agricultural sciences,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

Информация об авторах

Комаров Евгений Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат биологических наук
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-7923>, e-mail: evkomarov@rambler.ru, тел. +79272511375

Комарова Ольга Петровна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-17

REDUCING THE PHYTOTOXIC EFFECT OF HERBICIDES ON WINTER WHEAT CROPS IN THE CONDITIONS OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

Y.A. Laptina¹, O.G. Gichenkova², N.A. Kulikova¹, A.K. Zhurbenko¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 08.04.2021

Submitted 11.06.2021

Abstract

Introduction. To maximize the productivity of winter wheat, all technological processes, including chemical measures to protect the plant, are important. Most pesticides on the market have a toxic effect on plants, leaving their residues in the soil for several years, thereby affecting subsequent crops in the crop rotation. To reduce the phytotoxicity of drugs, it is necessary to understand the mechanism of action of the group of pesticides that are planned to be used in experiments. The control of weed vegetation in winter wheat fields should be aimed at the effective use of herbicides and, accordingly, the maximum destruction of segetal vegetation. Long-term use of herbicides definitely leads to a decrease in weed vegetation, but at the same time gradually depresses the cultivated plant. **Object** was the winter wheat variety «Tanais». **Materials and methods.** With a four-fold repetition of the predecessor black steam, a stationary experiment was laid at the Educational research and production center «Gornaya Polyana». The area of the experimental plot is $20 \times 30 = 600$ m², the area of the accounting plot is $18 \times 25 = 450$ m². Experience diagram: 1. Control without treatment; 2. Graneri 0.020 kg / ha + Asterix 0.5 l / ha; 3. Graneri 0.020 kg / ha + Asterix 0.5 l / ha + ECOS BioHumat + S 1.5 l / ha. **Results and conclusions.** The article discusses the main results of scientific research on the effectiveness of the use of ECOS + S BioHumate as an antidote to reduce the herbotoxic effect on winter wheat plants. The use of a mixture of herbicides Granery (0.02 kg / ha) + Asterix (0.5 kg/ha) together with biohumate provided a mathematically reliable increase of 0.19 t / ha and improved the quality of grain, compared with the use of only a tank mixture of herbicides. From an economic point of view, due to the low price and consumption rate, the use of this drug is an effective method of increasing the productivity and quality of winter wheat.

Key words: weeds, herbicides, biogumat, herbological effect, winter wheat, gluten.

Citation. Laptina Yu. A., Gichenkova O. G., Kulikova N. A., Zhurbenko A. K.. Reducing the phytotoxic effect of herbicides on winter wheat crops in the conditions of light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 159-168 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-17.

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 631.86

СНИЖЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА ПОСЕВЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. А. Лаптина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
О. Г. Гиченкова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. А. Куликова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. К. Журбенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 08.04.2021

Дата принятия к печати 11.06.2021

Актуальность. Для получения максимальной продуктивности озимой пшеницы большое значение имеют все технологические процессы, в том числе химические меры по защите растения. Большинство пестицидов, представленных на рынке, оказывает отравляющее воздействие на растения, остаются в почве в течение нескольких лет, тем самым оказывая влияние на последующие культуры в севообороте. Для снижения фитотоксичности препаратов необходимо понимать механизм действия той группы пестицидов, которые планируется использовать в опытах. Контроль сорной растительности на полях озимой пшеницы должен быть направлен на эффективное использование гербицидов и, соответственно, максимальное уничтожение сегетальной растительности. Длительное применение гербицидов однозначно ведёт к снижению сорной растительности, но в то же время постепенно угнетает культурное растение. **Объектом** являлся сорт озимой пшеницы Танаис. **Материалы и методы.** С четырехкратной повторностью по предшественнику черный пар был заложен стационарный опыт в УНПЦ «Горная поляна». Площадь опытной делянки $20 \times 30 = 600 \text{ м}^2$, площадь учетной делянки $18 \times 25 = 450 \text{ м}^2$. Схема опыта: 1. Контроль без обработки; 2. Грэнери 0,020 кг/га + Астерикс 0,5 л/га; 3. Грэнери 0,020 кг/га + Астерикс 0,5 л/га + БиоГумат «ЭКОСС» + S 1,5 л/га. **Результаты и выводы.** В статье рассмотрены основные результаты научных исследований по эффективности применения БиоГумата ЭКОСС + S как антидота для снижения герботоксичного эффекта на растения озимой пшеницы. Применение смеси гербицидов Грэнери (0,02 кг/га) + Астерикс (0,5 кг/га) совместно с биогуматом обеспечило математически достоверную прибавку 0,19 т/га и улучшило качество зерна по сравнению с применением только баковой смеси гербицидов. С экономической точки зрения за счет низкой цены и нормы расхода применение этого препарата является эффективным приемом повышения продуктивности и качества озимой пшеницы.

Ключевые слова: сорные растения, фитотоксичное действие гербицидов, биогуматы, герботоксичный эффект.

Цитирование. Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г., Куликова Н. А., Журбенко А. К. Снижение фитотоксичного действия гербицидов на посевы озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 159-168 .DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-17.

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 Волгоградской области зерновые культуры занимают большие территории: так, в 2019 году посевная площадь зерновых составила 905,7 тыс. га, а валовый сбор зерна – 22 203,5 тыс. ц при урожайности 24,8 ц/га. Озимая пшеница в Нижнем

Поволжье – доминирующая культура, она занимает в среднем 80 % посевных площадей среди зерновых и зернобобовых, возделываемых в регионе. Сортовые характеристики озимой культуры позволяют достичь высоких урожаев при условии грамотного применения агротехнических мероприятий и соблюдения сроков и норм посева [5].

По данным С.И. Липского и др.: «Сорные растения снижают не только величину урожая, но и его качественные показатели. Вместе с тем, наряду с прямым отрицательным действием на урожай и его качество, сорняки в посевах яровых зерновых культур создают помехи в процессе ухода за растениями и при уборке урожая. Это требует дополнительных затрат труда, материально-технических и финансовых ресурсов» [4].

Известно, что «получение высоких урожаев качественной продукции неразрывно связано с интенсификацией использования средств химизации, в том числе препаратами против сорных растений. Практически вся площадь, занятая озимой пшеницей, обрабатывается гербицидами» [10].

Спектр гербицидов, представленных на рынке, дает возможность уничтожить практически все виды сорных растений. Гербициды по характеру действия на растения делятся на гербициды селективного и сплошного действия. Их эффективность зависит от увлажнённости и температуры воздуха, а также от механического состава почвы и степени засорённости.

Ведётся постоянный поиск новых гербицидов и их комбинаций, которые отличались бы низкой фитотоксичностью, высокой эффективностью в борьбе с сорняками и обладали бы низкой резистентностью [1].

Однако при использовании гербицидов существует вероятность появления стресса у культурных растений, который приводит к нарушению физиологических процессов, таких как деформация листьев, появление хлорозов и некрозов.

Длительное использование пестицидов снижает фитосанитарное состояние агроценоза, тем самым ослабляет конкурентноспособность культурных растений, увеличивая пестицидную нагрузку и повышая токсичность почвы [9].

В связи с этим возникает необходимость в поиске путей снижения фитотоксичного действия гербицида без снижения эффективности химвеществ.

Согласно результатам исследований ученых, биогуматы снижают фитотоксичное действие гербицидов на возделываемую культуру [3, 7]. Биогуматы ослабляют токсичное действие гербицидов на культурные растения, активизируют восстановительные процессы в растениях: ускоряют синтез белка и нуклеиновых кислот, а также запускают механизм детоксикации гербицидов.

Применение гуматов позволяет получить не только прибавку урожая, но и повысить качество готовой продукции [2, 6, 8].

Материалы и методы. В условиях УНПЦ «Горная поляна» был заложен стационарный опыт, повторность четырёхкратная, размещение систематическое. Предшественник – пар черный. Площадь опытной делянки – $20 \times 30 = 600 \text{ м}^2$, площадь учетной делянки – $18 \times 25 = 450 \text{ м}^2$. Обработки проводились в рекомендованную фазу весеннего кушения. Предшественник – пар.

Учет засоренности посевов проводили количественно-весовым методом.

Схема опыта:

1. Контроль без обработки.
2. Грэнери 0,020 кг/га + Астэрикс 0,5 л/га.
3. Грэнери 0,020 кг/га + Астэрикс 0,5 л/га + БиоГумат «ЭКОСС» +S 1,5 л/га.

Целью исследований было изучение влияния стрессового последствия баковой смеси гербицидов на рост и развитие озимой пшеницы, а также возможность его снижения за счет применения биогумата.

Объекты исследования: сорт озимой пшеницы Танаис.

Задача исследований: оценка действия биогумата на снижение токсичного последствия гербицидов на качество и продуктивность зерна озимой пшеницы.

Результаты. Важный элемент при выборе эффективной системы защиты растений – это анализ сорного компонента посевных площадей с целью установления видового состава и численности сорных растений. Такая оценка позволяет подобрать обоснованную систему борьбы с сорным ценозом.

Таблица 1 – Видовой состав сорных растений до обработки гербицидом, шт./м²

Table 1 – Species composition of weeds before herbicide treatment, pieces /m²

Вариант / Option	Многолетние корнеотпрыс- ковые / Long- term root search		Малолетние / Infant					Всего / In total		
			Зимующие / Wintering			Озимые / Wintering	Ранние яровые / Early spring			
	Convolvulus arvensis	Cirsium arvense	Descurainia Sofia	Chorispora tenella	Capsella bursa-pastoris	Bromus secalinus	Chenopodium album	Многолетние/ Perennial	Малолетние/ Infant	Общая засоренность / Total blockage
Контроль/ Control	1.5	2.4	19.5	10.6	18.3	4.2	8.2	3.9	60.8	64.7
Грэнери + Астерикс/ Granary + Asterix	1.3	3.3	20.1	11.4	16.2	4.6	9.1	4.6	61.4	66.0
Грэнери + Астерикс + БиоГумат «ЭКОСС» +S/ Granery + Asterix + ECOSS Biohumat +S	1.5	3.5	23.2	10.3	12.4	4.4	8.6	5.0	58,9	63,9
Среднее/ Average	1,4	3,1	20,9	10,8	15,6	4,4	8,6	4,5	60,4	64,9

Мониторинг посевов перед обработкой показал, что сорные растения представлены четырьмя биологическими группами: малолетние зимующие (дескурия софии, хориспора нежная, пастушья сумка обыкновенная), малолетние озимые (костер полевой), малолетние ранние яровые (марь белая) и многолетние корнеотпрысковые (бодяк полевой, вьюнок полевой). Общая засоренность в среднем составила 64,9 шт./м². Наибольший процент засоренности составляет малолетний сорный компонент – 60,4 шт./м², или 92,5 %, тогда как многолетний ценоз составил 4,5 шт./м², или 7,5 %.

Из диаграммы видно, что в соотношении биологических групп преобладают зимующие растения с большим отрывом от других групп – 73 %, тогда как ранние яровые занимают только 13 % в структуре засоренности посевов, а многолетние и озимые – по 7 %.

При обследовании посевов перед обработкой баковой смесью наибольшее количество среди малолетних сорных растений отмечено по дескунии софии и составило 20,9 шт./м², также по этому сорняку отмечена наибольшая вегетативная масса 89,7 г/м². Среди многолетнего компонента наиболее часто встречается бодяк полевой, в среднем – 87,5 %.

По вегетативной массе растений наибольший процент занимают сорные растения, относящиеся к группе зимующих, – 58,5 %. Таким образом, наибольшую вредоносность проявляют зимующие сорняки дескурайния Софии, хориспора нежная и пастушья сумка.

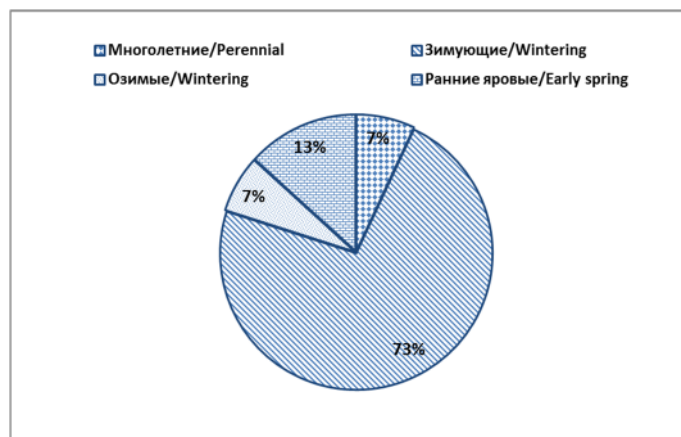


Рисунок 1 – Соотношение биологических групп сорных растений в посевах озимой пшеницы, 2019 г.

Figure 1 – Ratio of biological groups of weeds in winter wheat crops, 2019

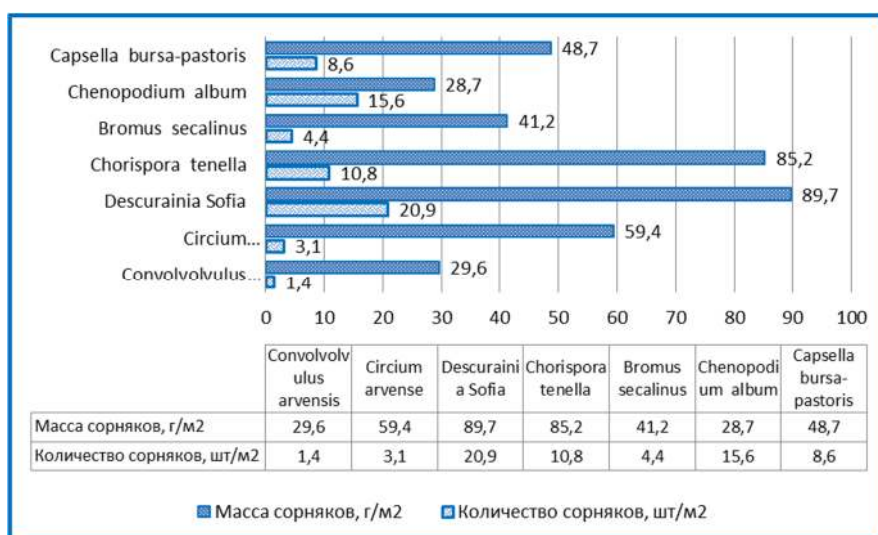


Рисунок 2 – Видовой состав сорной растительности в посевах озимой пшеницы, 2019

Figure 2 – Species composition of weed vegetation in winter wheat crops in 2019

Таблица 2 – Экономические пороги вредоносности основных сорняков зерновых культур (экз./м² в фазе кущения)

Table 2 – Economic thresholds of harmfulness of the main weeds of grain crops (ex. / m² in the tillering phase)

Сорное растение / Weed plant	ЭПВ / EPV	Фактическое количество / Actual number
Descurainia Sofia	5	20,9
Chorispora tenella	5	10,8
Capsella bursa-pastoris	15-20	15,6
Bromus secalinus	5	4,4
Chenopodium album	9-18	8,6
Circium arvense	2-3	3,1
Convolvulus arvensis	1-5	1,4

Так как по большинству сорных растений превышен ЭПВ, то возникла необходимость разработки и внедрения защитных мероприятий. Была проведена химическая прополка опытного участка баковой смесью с гербицидами Грэнори и Астерикс. Также для снижения токсичного последствия на озимую пшеницу был использован БиоГумат «ЭКОСС универсальный» +S.

Таблица 3 – Эффективность применения гербицидов и биогумата против комплекса сорных растений в посевах озимой пшеницы

Table 3 – The effectiveness of herbicides and biolumina against a complex of weeds in crops of winter wheat

Вариант / Option	Видовой состав сорной растительности / Species composition of weed vegetation	Количество сорных растений / Number of weeds			Биологическая эффективность, % / Biological effectiveness, %
		до обработки, шт./м²/ before processing, pieces / m²	после обработки, шт./м²/ after processing, pieces/m²		
			14 дней/ 14 days	21 день/ 21 days	
Контроль / Control	Малолетние / Infant	60.8	68,8	72,6	-
	Многолетние / Perennial	3.9	6,2	6,8	-
	Общая численность / Total number	64,7	75,0	79,4	-
Грэнери + Астерикс / Granary + Asterix	Малолетние / Infant	61.4	14,4	5,2	91,5
	Многолетние / Perennial	4.6	1,0	0,5	89,1
	Общая численность / Total number	66,0	15,4	5,7	91,4
Грэнери + Астерикс + БиоГумат «ЭКОСС» +S / Granery + Asterix + ECOSS Biohumat +S	Малолетние / Infant	58,9	14,1	4,9	91,7
	Многолетние / Perennial	5.0	1,0	0,5	90,0
	Общая численность / Total number	63,9	15,6	5,4	91,5

Наблюдениями установлено, что через 21 день после проведения обработки численность сорняков на контрольном варианте увеличилась на 22,7 % и в среднем составила 79,4 шт./м². Применение химической прополки баковой смесью Грэнори+Астерикс способствовало снижению количества сорных растений на 60,8 шт./м² и составило 5,2 шт./м², при этом эффективность использования гербицида составила 91,4 %.

Следует отметить, что из всех изучаемых сорных растений наименее чувствительным к баковой смеси гербицидов оказался вьюнок полевой. Также наблюдениями установлено, что на всех вариантах опыта не отмечалась гибель костра полевого (*Brotus secalinus*), так как он относится к классу однодольных, а гербициды, используемые для обработки, предназначены для борьбы с двудольными сорными растениями.

Применение БиоГумата «ЭКОСС»+S как антидота в баковой смеси гербицидов не оказало значительного влияния на биологическую эффективность по сравнению с применением только гербицидов.

При этом видимых признаков фитотоксичности (некроз, хлороз) на озимой пшенице не наблюдалось. Поэтому оценку степени гербитоксичности изучаемой баковой смеси мы определяли по влиянию на динамику урожайности и качество зерна.

Все изучаемые варианты оказали существенное влияние на величину урожая зерна озимой пшеницы, что подтверждается результатами статистической обработки.

Таблица 4 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от гербицидов
и биогумата, т/га, 2019 г/

Table 4 – The yield of winter wheat depending on herbicide and bigomaha, t/ha, 2019

№ п/п / n/a	Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Прибавка урожая / Yield increase	
			т/га/ t/ha	%
1	Контроль / Control	1,68	-	-
2	Грэнери + Астерикс / Granary + Asterix	2,21	0,52	30,9
3	Грэнери + Астерикс + БиоГумат «ЭКОСС универсальный» +S / Granery + Asterix + ECOSS Biohumat +S	2,39	0,71	42,3
НСР ₀₅		0,095		

В результате проведенных исследований было установлено, что применение баковой смеси гербицидов в чистом виде позволило увеличить показатель урожайности на 0,52 т/га, или 30,9 % по сравнению с контролем. Это связано с лучшим развитием площади листовой поверхности, высоты растения и расширения зоны проективного покрытия, и, как следствие, повысилась конкурентоспособность озимой пшеницы в фитоценозе.

Добавление в баковую смесь в качестве антистресса биогумата достоверно снижало герботоксичный эффект от применения гербицидов и способствовало увеличению продуктивности зерна озимой пшеницы на 0,19 т/га в сравнении с вариантом, где применяли только гербициды.

На рост и развитие культурных растений сорняки оказывают значительное влияние, конкурируя с ними за элементы питания, что приводит к снижению продуктивности и качества зерна озимой пшеницы.

Результаты проведенных исследований показали, что химическая прополка положительно повлияла на качество зерна озимой пшеницы. Так, на варианте с применением баковой смеси Грэнери+Астерикс содержание сорной примеси составило 0,4 процента, тогда как на контроле 8,6 %. Также показатели зерна озимой пшеницы были выше по натуре на 13 г/л и клейковине на 3,6 %, что позволило отнести его ко второму товарному классу.

Таблица 5 – Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от изучаемых приемов, 2019 г.

Table 5 – Quality of winter wheat grain depending on the studied methods, 2019

Вариант / Option	Влажность, % / Humidity, %	Сорная примесь, % / Foreign material, %	Натура г/л / Nature g/l	Протеины / Proteins	Клейковина / Gluten		Число паде- ния / Falling number
					%	ИДК/ DCO	
Контроль / Control	13,8	7,6	712	13,0	27,6	76	301
Грэнери + Астерикс / Granary + Asterix	11,5	0,4	734	15,0	30,0	72	312
Грэнери + Астерикс + БиоГу- мат «ЭКОСС» +S / Granery + Asterix + ECOSS Biohumat +S	11,7	0,5	758	15,2	32,4	65	338

Добавление к баковой смеси гербицидов БиоГумата «ЭКОСС универсальный» +S способствовало увеличению содержания клейковины до 32,4 %. Возможно это связано с тем, что в состав белка клейковины входят аминокислоты: цистеин и метионин,

для синтеза которых необходима сера. Причем именно в этих аминокислотах сконцентрировано 90 % всей серы в растении. Отвечающая за упругость и растяжимость аминокислота цистеин связана между собой связями, состоящими из атомов серы. Поэтому укрепление клейковины происходит с увеличением количества дисульфидных связей —S—S—.

Аналогичная динамика наблюдалась по другим показателям качества зерна озимой пшеницы.

Обсуждение. Давно известно, что сельское хозяйство вышло на новый уровень развития, внедряя в производство новые технологии, в том числе «зелёные» технологии; используя современную сельскохозяйственную технику и оборудование; применяя программное обеспечение и навигационные системы, а также улучшенные современные химические препараты.

Из широкого спектра препаратов хотим уделить внимание гербицидам, где действующее вещество целенаправленно уничтожает отдельные группы сорняков, либо универсально действует на сорную растительность.

Было бы неразумно использовать в хозяйстве только химические препараты, не применяя биологические добавки. В последнее время любое направление в сельском хозяйстве с приставкой «био» вызывает интерес и огромный спрос. Увеличивается спрос на биоудобрения. Во-первых, это борьба с деградацией и обеднением почв, что не могут обеспечить химические удобрения; во-вторых – желание покупателя приобретать сельскохозяйственные продукты, выращенные без использования пестицидов и минеральных удобрений; в-третьих, есть возможность утилизировать и в будущем использовать животноводческую и растениеводческую продукцию, чем сможем воспользоваться. Использование биоудобрений не отражается негативно на окружающей среде, что позволяет неограниченно использовать их в сельском хозяйстве с перспективой решения проблемы питания растущего населения планеты.

Кто-то предпочитает использовать только химию в хозяйстве либо ограничивается биологическими препаратами, но мы рекомендуем совместить эти два направления исходя из принципа комменсализма.

Выводы. Таким образом, применение гербицидов Грэнери + Астерикс является эффективным приемом для борьбы с сорными двудольными растениями, однако у озимой пшеницы в последствии он вызывает определенный стресс, который можно нивелировать, если применять в качестве антидота БиоГумат «ЭКОСС универсальный» +S в дозировке 1,5 л/га.

Применение смеси гербицидов совместно с биогуматом дает достоверную прибавку 0,19 т/га, а также повышает качество клейковины на 2,4 % по сравнению с применением только гербицидов.

Поэтому применение гуматов является эффективным средством для снижения гербицидной нагрузки и повышения продуктивности и качества получаемой продукции.

Библиографический список

1. Гулидова В. А. Экологически рациональные комбинации внесения гербицида ковбой-супер, обеспечивающие чистоту посевов и высокую продуктивность озимой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 2. С. 77-84. <https://e.lanbook.com/journal/issue/314230>.
2. Зубкова Т. В., Дубровина О. А., Мотылева С. М. Влияние органических удобрений и природного цеолита на содержание пигментов и урожайность растений рапса сорта Риф // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2. С. 2-8. <https://e.lanbook.com/journal/issue/313073>.

3. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л., Кандаков Н. В. Влияние гумата калия различной концентрации на эффективность минеральных удобрений при выращивании овса // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3. С. 12-16.

4. Липский С. И., Пантюхов И. В., Ивченко В. К. Эффективность гербицидов АО «Байер» в борьбе с сорными растениями в посевах зерновых культур // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3. С. 12-19.

5. Набойченко К. В., Куликова Н. А., Воробьева О. М. Экологическое сортоиспытание районированных сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: межд. научно-практ. конф., проведенная в рамках Межд. научно-практ. форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета, 30 января - 01 февраля 2019 г. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 1. С. 324 - 328.

6. Оптимизация состава и режимов получения комплексных гранулированных гуматных удобрений / К. С. Вотолин [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 2. С. 127-134. <https://e.lanbook.com/journal/issue/309496>.

7. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Роль способов основной обработки почвы в накоплении почвенной влаги и использования атмосферных осадков при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 128-133.

8. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Фотосинтетическая продуктивность озимой пшеницы в связи с применением препаратов Гумат+7 калия, Экосс-20 и разных способов основной обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2017. № 4. С. 65-71. <https://e.lanbook.com/journal/issue/310485>.

9. Эффективность гербицидов на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны республики Северная Осетия-Алания / А. А. Тедеева, А. А. Абаев, Д. М. Мамиев [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2. С. 20-26. <https://e.lanbook.com/journal/issue/313073>.

10. Hamouz P., Hamouzová K., Novotná K. Effects of spring herbicide treatments on winter wheat growth and grain yield // Scientia Agriculturae Bohemica. 2015. Vol. 46. Is. 1. P. 1-6.

Conclusions. Thus, the use of herbicides Granery + Asterix is an effective method for controlling weedy dicotyledonous plants, but in the aftereffect it causes a certain stress in winter wheat, which can be leveled by using ECOSSE universal +S biohumate as an antidote in a dosage of 1.5 l/ha.

The use of a mixture of herbicides together with biohumate gives a significant increase of 0.19 t / ha, and also increases the quality of gluten by 2.4%, compared with the use of herbicides alone.

Therefore, the use of humates is an effective tool for reducing the herbicide load and increasing the productivity and quality of the products obtained.

References

1. Gulidova V. A. Jekologicheski racional'nye kombinacii vneseniya gerbicide kovboj-super, obespechivayuschie chistotu posevov i vysokuyu produktivnost' ozimoy pshenicy // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 2. P. 77-84. <https://e.lanbook.com/journal/issue/314230>.

2. Zubkova T. V., Dubrovina O. A., Motyleva S. M. Vliyanie organicheskikh udobrenij i prirodnogo ceolita na sodержание pigmentov i urozhajnost' rastenij rapsa sorta Rif // Agrarnyj vestnik Urala. 2020. № 2. P. 2-8. <https://e.lanbook.com/journal/issue/313073>.

3. Karengina L. B., Bajkin Yu. L., Kandakov N. V. Vliyanie gumata kaliya razlichnoj koncentracii na jffektivnost' mineral'nyh udobrenij pri vyraschivanii ovsa // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 3. P. 12-16.

4. Lipskij S. I., Pantyuhov I. V., Ivchenko V. K. jffektivnost' gerbicidov AO "Bajer" v bor'be s sornymi rasteniyami v posevah zernovyh kul'tur // Vestnik KrasGAU. 2018. № 3. P. 12-19.

5. Nabojchenko K. V., Kulikova N. A., Vorob'eva O. M. jkologicheskoe sortoispytanie rajonirovannyh sortov ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // Razvitie APK na osnove principov racional'nogo prirodnopol'zovaniya i primeneniya konvergentnyh tehnologij: mezhd. nauchno-prakt. konf., provedennaya v ramkah Mezhd. nauchno-prakt. foruma, posvyaschennogo 75-letiyu obrazovaniya Volgogradskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 30 yanvarya - 01 fevralya 2019 g. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2019. T. 1. P. 324 - 328.

6. Optimizaciya sostava i rezhimov polucheniya kompleksnyh granulirovannyh gumatnyh udobrenij / K. S. Votolin [i dr.] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2018. № 2. P. 127-134. <https://e.lanbook.com/journal/issue/309496>.

7. Churzin V. N., Kubrakov E. V. Rol' sposobov osnovnoj obrabotki pochvy v nakoplenii pochvennoj vlagi i ispol'zovaniya atmosferynyh osadkov pri vyraschivanii ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4. P. 128-133.

8. Churzin V. N., Kubrakov E. V. Fotosinteticheskaya produktivnost' ozimoy pshenicy v svyazi s primeneniem preparatov Gumat+7 kaliya, jkoss-20 i raznyh sposobov osnovnoj obrabotki pochvy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4. P. 65-71. <https://e.lanbook.com/journal/issue/310485>.

9. Jffektivnost' gerbicidov na posevah ozimoy pshenicy v usloviyah stepnoj zony respublik Severnaya Osetiya-Alaniya / A. A. Tedeeva, A. A. Abaev, D. M. Mamiev [i dr.] // Agrarnyj vestnik Urala. 2020. № 2. P. 20-26. <https://e.lanbook.com/journal/issue/313073>.

10. Hamouz P., Hamouzová K., Novotná K. Effects of spring herbicide treatments on winter wheat growth and grain yield // Scientia Agriculturae Bohemica. 2015. Vol. 46. Is. 1. P. 1-6.

Authors Information

Laptina Julia Alexandrovna, Associate Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, tel. +79023807797, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Gichenkova Olga Gennadyevna, Associate Professor of the Department of Gardening and Plant Protection (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, tel. +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

Kulikova Natalya Alexandrovna, Associate Professor of the Department of Gardening and Plant Protection (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, tel. +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

Zhurbenko Aleksander Kuzmich, Associate Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, tel. +79044170181, e-mail: zemledelie2020@mail.ru.

Информация об авторах

Лаптина Юлия Александровна, доцент кафедры земледелия и агрохимии (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Гиченкова Ольга Геннадьевна, доцент кафедры садоводства и защиты растений (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

Куликова Наталья Александровна, доцент кафедры садоводства и защиты растений (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

Журбенко Александр Кузьмич доцент кафедры земледелия и агрохимии (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79044170181, e-mail: zemledelie2020@mail.ru.

REDUCTION OF WATER LOAD ON RICE AGROCENOSIS DURING DRIP IRRIGATION

K. A. Rodin, E.S. Vorontsova

*Federal State Budget Science Center
«All-Russian research Institute of Irrigated Agriculture»*

Received 12.03.2021

Submitted 09.06.2021

Abstract

Introduction. In the Russian Federation, rice is not one of the main food crops. But the Institute of Nutrition of the Russian Academy of Sciences, the recommended annual consumption rate of cereals per inhabitant should not be less than 6 kg. Hence, every year the required amount of raw rice in the country should be determined in the amount of 1.5 million tons. In 2020, a little more than 1.2 million tons of raw rice were produced, which is 26% lower than the demand. At the same time, irrigation water is spent on 1 ha of crops from 12 to 25 thousand m³/ha and more. Based on this, this is the most water-intensive crop that is cultivated on irrigated land. The recent shortage of fresh water leads to the need to search for new water-saving ecologically tolerant technologies for irrigation of rice. The search for a solution to this problem was based on the scientific hypothesis that rice belongs to the bluegrass family, the full development cycle of which proceeds not as an anaerobic, but an aerobic plant that forms root hairs and uses soil moisture for its water supply. **Object.** We studied the reaction rates of the early ripening rice cultivar «Volgogradsky» to the water and food regimes of the soil. The purpose of the research was to substantiate the possibility of rice cultivation during drip irrigation, different soil water regimes and fertilizer application rates, which will provide 5, 6 and 7 t / ha of grain. **Materials and methods.** The scheme included a two-factor experiment. The first factor: A₁ - permissible decrease in the moisture content of the active layer (0.6m) of the soil 80% of the lowest moisture capacity; A₂- until the end of the tillering phase of rice according to option A₁ in a layer of 0.4 m, followed by an increase in the layer to 0.6 m; A₃ - water regime according to the A₂ option until the beginning of the wax ripeness of the grain, followed by a decrease in the pre-irrigation moisture content to 70% of the lowest moisture capacity. The second factor of the fertilizer application dose; B₁ for obtaining a yield of 5 t / ha of grain (N₉₅P₆₂K₇₅); B₂ - 6 t / ha (N₁₁₄P₇₄K₉₀) and B₃ - 7 t / ha (N₁₃₇P₉₀ K₁₀₈). The studies were accompanied by observations, counts and measurements carried out in compliance with the requirements of experimental techniques. **Results and conclusions.** Studies have established that the maximum leaf area, 36.78 thousand m² / ha, was formed in the variant of the water regime 100-80% of the lowest moisture capacity, h = 0.4 and 0.6 m (A₂), which is 3.3 and 1% more than in options 100-80% of the lowest moisture capacity, h = 0.6 m (A₂) and 100-80% HB, h = 0.4 and 0.6 m (A₂). The application of mineral fertilizers, N₉₅P₆₂K₇₅ (5 t / ha - B₁), N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 t / ha - B₂) and N₁₃₇P₉₀ K₁₀₈ (7 t / ha - B₃), also had a stimulating effect on the main indicators of photosynthetic activity of plants. It was also determined that the planned yield at the level of 5 t / ha can be obtained on all variants of the water regime of the soil when applied with B₁. But with a combination of A₃ + B₂, calculated per ton of grain, the volume of water supplied to the rice field was the smallest. The yield of 6 t / ha of grain was obtained in all the studied variants of the water regime, but against the background of a higher dose of B₂ fertilizers. Here, the most preferred combination was A₃ + B₂. Of all the studied factors, the minimum deviation of 0.71% from the planned level of 7 t / ha was obtained with a combination of A₂ + B₃. But the combination A₃ + B₃, which is less expensive per ton of grain and the cost of irrigation water (716 m³). The calculation for economic efficiency showed that in all three variants of the water regime against the background of the introduction of B₁, the yield was formed at the level of 5.0 t / ha with a profitability of 57.3 - 92.6%. The introduction of B₂, calculated to obtain 6.0 t / ha, contributed to its increase to 81.9 - 92.6%, B₃ - 7 t / ha to 104.1 - 116.5%.

Key words: rice, soil water regime, fertilizer doses, photosynthesis, yield.

Citation. Rodin K.A., Vorontsova E.S. Reduction of water load on rice agrocenosis during drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 169-175 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-18.

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 631.674.6:633.18

СНИЖЕНИЕ ВОДНОЙ НАГРУЗКИ НА РИСОВЫЙ АГРОЦЕНОЗ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

Дата поступления в редакцию 12.03.2021

Дата принятия к печати 09.06.2021

Актуальность. В Российской Федерации рис не принадлежит к числу основных продовольственных культур. Но Институтом питания РАН рекомендуемая годовая потребительская норма крупы в расчёте на одного жителя не должна быть менее 6 кг. Отсюда каждый год необходимое количество риса-сырца в стране должно определяться в объёме 1,5 млн т. В 2020 г. риса-сырца было произведено чуть более 1,2 млн т, это ниже на 26 % потребности. При этом оросительной воды затрачивается на 1 га посевов от 12 до 25 тыс. м³/га и более. Следовательно, это самая водозатратная культура, которая возделывается на орошаемых землях. Возникающий в последнее время дефицит пресной воды приводит к необходимости поиска новых водосберегающих экологически толерантных технологий орошения риса. В основу поиска решения этой проблемы нами была положена научная гипотеза принадлежности риса к семейству мятликовых, полный цикл развития которого идёт по типу не анаэробного, а аэробного растения, которое формирует корневые волоски и использует для своего водообеспечения почвенную влагу. **Объект.** Изучались нормы реакции раннеспелого сорта риса Волгоградский на водные и пищевые режимы почвы. Целью исследований было обоснование возможности возделывания риса при орошении капельной системой, различных водных режимах почвы и доз внесения удобрений, которые обеспечат получение 5, 6 и 7 т/га зерна. **Материалы и методы.** Схема включала двухфакторный опыт. Первый фактор: А₁ – допустимое снижение влажности активного слоя (0,6 м) почвы 80 % НВ; А₂ – до конца фазы кущения риса по варианту А₁ в слое 0,4 м с последующим увеличением слоя до 0,6 м; А₃ – водный режим по варианту А₂ до начала восковой спелости зерна с последующим снижением предполивной влажности до 70 % НВ. Второй фактор дозы внесения удобрений; Б₁ – на получение урожайности 5 т/га зерна (N₉₅P₆₂K₇₅); Б₂ – 6 т/га (N₁₁₄P₇₄K₉₀) и Б₃ – 7 т/га (N₁₃₇P₉₀K₁₀₈). Исследования сопровождались наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела. **Результаты и выводы.** Исследованиями установлено, что максимальная площадь листьев, 36,78 тыс. м²/га, сформировалась в варианте водного режима 100-80 % НВ, h = 0,4 и 0,6 м (А₂), что на 3,3 и 1 % больше, чем в вариантах 100-80 % НВ, h = 0,6 м (А₁) и 100-80 % НВ, h = 0,4 и 0,6 м (А₂). Внесение минеральных удобрений, N₉₅P₆₂K₇₅ (5 т/га – Б₁), N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га – Б₂) и N₁₃₇P₉₀K₁₀₈ (7 т/га – Б₃) также оказало стимулирующее влияние на основные показатели фотосинтетической деятельности растений. Также определено, что планируемую урожайность на уровне 5 т/га возможно получать на всех вариантах водного режима почвы при внесении с Б₁. Но при сочетании А₃ + Б₂ в расчёте на тонну зерна объём воды, поданной на рисовое поле, был наименьшим. Урожайность 6 т/га зерна была получена на всех изучаемых вариантах водного режима, но на фоне более высокой дозы удобрений Б₂. Здесь наиболее предпочтительным оказалось сочетание А₃ + Б₂. Из всех изучаемых факторов минимальное отклонение 0,71 % от планированного уровня 7 т/га было получено при сочетании А₂ + Б₃. Но менее затратное в расчёте на одну тонну зерна и затратам оросительной воды (716 м³) сложилось сочетание А₃ + Б₃. Расчет по экономической эффективности показал, что во всех трёх вариантах водного режима на фоне внесения Б₁ формировалась урожайность на уровне 5,0 т/га при рентабельности 57,3 – 92,6 %. Внесение Б₂, рассчитанной на получение 6,0 т/га способствовало её увеличению до 81,9-92,6 %, Б₃ – 7 т/га до 104,1-116,5 %.

Ключевые слова: возделывание риса, рисовый агроценоз, дозы удобрений, фотосинтез риса, урожайность риса.

Цитирование. Родин К. А., Воронцова Е. С. Снижение водной нагрузки на рисовый агроценоз при капельном орошении. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 169-175. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-18.

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 Российской Федерации рис не принадлежит к числу основных продовольственных культур. Но Институтом питания РАН рекомендуемая годовая потребительская норма крупы в расчёте на одного жителя не должна быть менее 6 кг. Отсюда каждый год необходимое количество риса-сырца в стране должно определяться в объёме 1,5 млн т. В 2020 г. риса-сырца было произведено чуть более 1,2 млн т, это ниже на 26 % потребности.

Рис в нашей стране возделывают только на орошаемых землях по технологии укороченного или постоянного затопления рисовых полей слоем воды. При этом затраты оросительной воды на 1 га посевов составляют от 12 до 25 тыс. м³/га и более [1, 4, 5, 8]. Это самая водозатратная культура, которая возделывается на орошаемых землях. Но на эвапотранспирацию из общего объёма подаваемой воды на посевы риса используется не более 7-9 тыс. м³/га [4, 5, 8]. Всё это повышает себестоимость полученной продукции, затраты на строительство и эксплуатацию специализированных рисовых оросительных систем, сопровождается повышением уровня грунтовых вод, ухудшением мелиоративного состояния орошаемых и прилегающих к ним земель, негативно влияет на окружающую среду, обуславливает необходимость строительства дренажной сети, создаёт серьёзную проблему утилизации загрязнённых дренажно-сбросных вод [3].

Всё возрастающая проблема дефицита пресной воды приводит к необходимости поиска новых водосберегающих экологически толерантных технологий орошения риса. В основу поиска решения этой проблемы нами была положена научная гипотеза принадлежности риса к семейству мятликовых, полный цикл развития которого идёт по типу не анаэробного, а аэробного растения, которое формирует корневые волоски и использует для своего водообеспечения почвенную влагу.

Цель наших исследований сводилась к определению норм реакции аэробного риса для обоснования уровней снижения влажности почвы и доз внесения удобрений, сочетание которых обеспечит получение 5, 6 и 7 т/га зерна при капельном орошении.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2013-2015 гг. в Волгоградской области на опытном участке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». Высекали рис сорта Волгоградский сеялкой СН-16 при прогревании почвы до 14 °С в 2013 и 2014 гг. – 28 апреля и 2015 г. – 8 мая. Полив осуществляли капельной системой орошения. Капельные линии укладывали через 0,6 м, расстояние между капельницами – 0,33 м. Подача воды через капельницу 2,2 л/час. Почва опытного участка светло-каштановая, содержание гумуса 1,6-1,8 %, плотность естественного сложения для расчётных слоёв 0,0-0,4 и 0,0-0,6 м составляла соответственно 1,27 и 1,29 т/м³, наименьшая влагоёмкость (НВ) – 24,9 и 23,8 % массы сухой почвы. Показатели порозности по слоям изменяются в пределах от 46,64 до 51,59 %, плотность твердой фазы от 2,52 до 2,72 т/м³. По обеспеченности осадками вегетационного периода 2013 г. характеризуется как влажный, 306,9 мм, 2014 – среднесухой, 104,9, и 2015 г. – средневлажный, 235,4 мм.

Схема двухфакторного опыта включала 3 варианта по водному режиму почвы. Вариант A_1 – допустимое снижение влажности активного слоя (0,6 м) почвы 80 % НВ; A_2 – до конца фазы кушения риса по варианту A_1 в слое 0,4 м с последующим увеличением слоя до 0,6 м; A_3 – водный режим по варианту A_2 до начала восковой спелости зерна с последующим снижением предполивной влажности до 70 % НВ. Второй фактор включал в себя дозы внесения удобрений, в варианте B_1 на получение урожайности 5 т/га зерна ($N_{95}P_{62}K_{75}$); B_2 – 6 т/га ($N_{114}P_{74}K_{90}$) и B_3 – 7 т/га ($N_{137}P_{90}K_{108}$). Дозы удобрений рассчитывались по методике В.И. Филина (1994) с учётом содержания подвижных форм элементов питания в почве [7].

Опыт закладывался методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении вариантов по режимам орошения и рендомизированно по дозам удобрений в трехкратной повторности с соблюдением стандартных методик опытного дела [2, 6, 9-11].

Результаты и их обсуждение. Влажность почвы в варианте A_1 обеспечивалась проведением соответственно 12 (2013 г.), 15 (2014 г.) и 13 (2015 г.) поливов нормой 370 м³/га. Норма орошения здесь составляла 4440 (2013 г.), 5550 (2014 г.) и 4810 (2015 г.) м³/га. Временные промежутки между поливами изменялась от 2 до 26 суток. В варианте A_2 число поливов нормой 250 м³/га составило 4, 5 и 2, а нормой 370 м³/га – 10, 13 и 13 поливов. Объём поданной на поле воды составил соответственно 4700 (2013 г.), 6060 (2014 г.) и 5310 (2015 г.) м³/га с временными промежутками между поливами от 2 до 19 суток. Чтобы поддержать водный режим не ниже A_3 число поливов нормой 250 м³/га по годам исследований было таким же, как в A_2 , а вот нормой 370 м³/га 8 (2013 г.), 10 (2014 г.) и 10 (2015 г.) и один полив был дан нормой 550 м³/га. При этом общие затраты воды на орошение составили 4510 (2013 г.), 5500 (2014 г.) и 4750 (2015 г.) м³/га. Временные промежутки между поливами во время вегетации здесь менялись так же, как в A_2 .

Сочетание разных водных режимов почвы с дозами удобрений оценивалось по реакции растений риса показателями их фотосинтетической активности (рисунок 1).

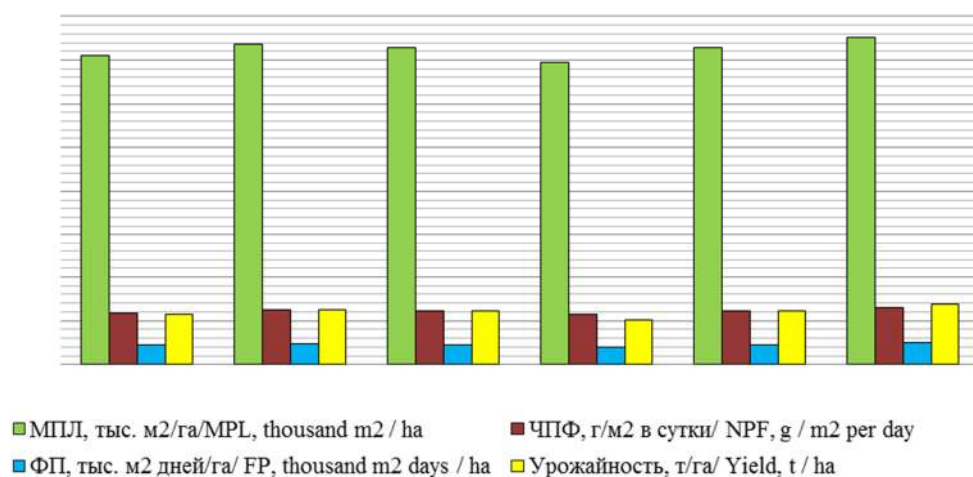


Рисунок 1 – Основные показатели фотосинтетической деятельности риса (2013 - 2015 гг.)

Figure 1 – Key indicators of photosynthetic activity of rice (2013-2015)

По данным графического изображения 1 видно, что максимальная листовая поверхность (МПЛ), 36,78 тыс. м²/га, была в варианте водного режима A_2 , что на 3,3 и 1 % больше, чем в A_1 и A_3 . Внесение на опытные делянки минеральных удобрений также стимулировало рост ассимиляционного аппарата растений.

Анализ данных позволил установить связь между фотосинтетическим потенциалом (ФП) и урожайностью (У) риса, которая описывается уровнем $ФП = 5,9567 \cdot У^2 + 204,86 \cdot У + 815$. Теснота связи $R^2 = 0,99$. Использование данного уравнения позволяет прогнозировать основные урожаеобразующие характеристики агроценоза для получения планируемой урожайности риса. Получение У на уровне 5 т/га зерна растения должны формировать ФП на уровне 1988,21 тыс. м² дней/га. Повышение У до 6 т/га должно увеличить ФП до 2258,60, 7 – 2540,90 тыс. м² дней/га.

Таблица 2 – Сочетание управляемых факторов для получения планируемой урожайности риса (2013-2015 гг.)

Table 2 – Combination of controlled factors to achieve the planned rice yield (2013-2015)

Сочетание факторов / Combination of factors	Урожайность, т/га / Yield, t / ha		Отклонение от плановой, % / Deviation from the planned one, %	Норма оро- шения, м³/га/ Irrigation rate, m³ / ha	Затраты воды на орошение, м³/т/ Water costs for irrigation, m³ / t
	плановая/ planned operation	по факту/ in fact			
A₁+ Б₁	5	4,88	-2,40	4933	1011
A₂+ Б₁		5,29	+5,80	5357	1013
A₃+ Б₁		5,13	+2,60	4920	959
A₁+ Б₂	6	5,70	-3,00	4933	854
A₂+ Б₂		6,23	+3,80	5357	860
A₃+ Б₂		6,11	+1,83	4920	805
A₁+ Б₃	7	6,64	-5,10	4933	743
A₂+ Б₃		6,95	-0,71	5357	771
A₃+ Б₃		6,87	-1,86	4920	716
НСР ₍₀₅₎ : 2013 г. - 0,2563; 2014 г. - 0,1424; 2015 г. - 0,1767					

Данные таблицы 2 показывают, что планируемую урожайность на уровне 5 т/га можно получать на всех 3 вариантах водного режима почвы при внесении B₁. Но при сочетании A₃ + B₂ в расчёте на тонну зерна объём воды, поданной на рисовое поле, был наименьшим. Урожайность 6 т/га зерна также сформировалась во всех изучаемых вариантах водного режима, но на фоне более высокой дозы удобрений B₂. Здесь наиболее предпочтительным оказалось сочетание A₃ + B₂. Из всех изучаемых факторов минимальное отклонение (0,71 %) от планируемого уровня (7 т/га) получено при сочетании A₂+ B₃. Но менее затратным в расчёте на тонну зерна и затратам оросительной воды (716 м³) оказалось сочетание A₃ + B₃.

Расчет экономической эффективности показал, что во всех трёх вариантах водного режима на фоне внесения B₁ сформировалась урожайность на уровне 5,0 т/га при рентабельности 57,3-92,6 %. Внесение B₂, рассчитанной на получение 6,0 т/га, способствовало её увеличению до 81,9-92,6 %, B₃ – 7 т/га до 104,1-116,5 %.

Выводы. Возделывание риса на системах капельного полива и, как показали наши исследования более ранних лет и других авторов, при орошении по полосам и дождеванием с использованием толерантных к отсутствию слоя воды в чеках сортов возможно. Освоение технологии орошения риса поливами с периодичностью позволяет уменьшить затраты оросительной воды в 3 – 5 раз и более и возделывать эту культуру на оросительных системах общего назначения в полевых, кормовых, овощных и других севооборотах. Таким образом, уходит ряд экологических проблем рисоводства при присутствии слоя воды на поле, связанных при орошении затоплением с формированием дефицита воды в источниках орошения, подъёмом уровня грунтовых вод, засолением, заболачиванием, закислением, утилизации загрязнённых сбросных и дренажных

вод. Но при технологии орошения риса периодическими поливами необходимо освоение высокой культуры земледелия и защиты посевов от сорных растений с использованием агротехнических и химических средств борьбы.

Библиографический список

1. 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.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). 6-е изд. Москва: Альянс, 2011. 352 с.
3. Дубенок Н. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 2. С. 27-31.
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. Капельный полив риса на светло-каштановых почвах Приволжской возвышенности / И. П. Кружилин [и др.] // Научно-теоретический журнал: Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 6. С. 42-45.
6. 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.
7. Assessing the Ecological State of Agricultural Irrigated Fields of the Orenburg Gas / I. P. Kruzhilin [et al.] // Processing Complex with Dumping Sewage Water for Crop Irrigation. 2019. Vol. 350. Scopus, www.scopus.com.
8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi [et al.] // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.
9. Mode of Rice Drip Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12. No. 24. P. 7118-7123. SCOPUS, www.scopus.com.
10. Water Pressure Monitoring in Irrigation Piping as Quality Management Tools of Sprinkler Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. No. 13. P. 4181-4184. Scopus, www.scopus.com.
11. Water Saving Eco-Friendly Technology of Rice Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Scopus. 2019. V. 341. www.scopus.com.

Conclusion. The cultivation of rice on drip irrigation systems and as our studies of earlier years and other authors have shown, with irrigation by strips and sprinkling using varieties tolerant to the absence of a water layer in the checks is possible. Mastering the technology of rice irrigation with periodic irrigation allows reducing the cost of irrigation water by 3 – 5 times or more and cultivating this crop on general-purpose irrigation systems in field, feed, vegetable and other crop rotations. Thus, a number of environmental problems of rice farming in the presence of a layer of water on the field, associated with irrigation flooding with the formation of water scarcity in irrigation sources, rising ground water levels, salinization, waterlogging, acidification, disposal of polluted waste and drainage water, are eliminated. But with the technology of irrigation of rice with periodic irrigation, it is necessary to develop a high culture of agriculture and protect crops from weeds using agrotechnical and chemical means of control.

Reference

1. Borodychev V. V., Dedova E. B., Shabanov R. M. Technology of rice cultivation on general-purpose reclamation systems with sprinkling irrigation // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017. No. 1 (45). P. 20-29.
2. Dospekhov B. A. Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research). 6th ed. Moscow: Alliance, 2011. 352 p.

3. Dubenok N. N. State and prospects of development of land reclamation in the Russian Federation // *Melioration and water management*. 2017. No. 2. P. 27-31.
4. Ionova L. P., Arykbaev R. K. Agrobiological and economic aspects of growing Russian and Iranian rice varieties by seedling method with intermittent irrigation in the Volga delta // *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2017. No. 3. P. 43-56.
5. Drip irrigation of rice on light chestnut soils of the Volga Upland / I. P. Kruzhilin [et al.] // *Scientific and theoretical journal: Russian agricultural science*. 2018. No. 6. P. 42-45.
6. Rodin K. A., Nevezhina A. B., Narushev V. B. Influence of water and food regimes of the soil on the change in the root mass and yield of rice with drip irrigation // *Agrarian scientific journal*. 2020. № 8. P. 38-41.
7. Assessing the Ecological State of Agricultural Irrigated Fields of the Orenburg Gas / I. P. Kruzhilin [et al.] // *Processing Complex with Dumping Sewage Water for Crop Irrigation*. 2019. Vol. 350. Scopus, www.scopus.com.
8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi [et al.] // *Indian Journal of Plant Physiology*. 2015. V. 20. P. 50-56.
9. Mode of Rice Drip Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Vol. 12. No. 24. P. 7118-7123. SCOPUS, www.scopus.com.
10. Water Pressure Monitoring in Irrigation Piping as Quality Management Tools of Sprinkler Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. No. 13. P. 4181-4184. Scopus, www.scopus.com.
11. Water Saving Eco-Friendly Technology of Rice Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // *Scopus*. 2019. V. 341. www.scopus.com.

Authors Information

Rodin Konstantin Anatolyevich, senior research fellow of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), Candidate of Agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russian Federation). E-mail: esvoronts@mail.ru

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, д. 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). E-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-19

PHYTOSANITARY SURVEY OF SOYBEAN IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

¹G. M. Saenko, ²M. A. Mustaphina

¹*Federal Scientific Center*

«All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoyt», Krasnodar

²*Limited Liability Company «Syngenta», Moscow*

Received 12.03.2021

Submitted 28.05.2021

Summary

The article presents the results of phytosanitary monitoring of soybean crops in the Central Chernozem region. Data on the prevalence and degree of development of diseases in five regions are shown: In Voronezh and Belgorod regions for three years of route inspections 2018–2020, and in Kursk, Lipetsk and Tambov regions for two years (2019–2020). In all areas was the growing prevalence of diseases that depended not only from the increased area sown to soybeans, favorable weather conditions and the species diversity of pathogens causing foliar diseases.

Abstract

Introduction. The article presents the results of phytosanitary monitoring of soybean crops in the Central Chernozem region. Data on the prevalence and degree of development of diseases in five regions are shown: In Voronezh and Belgorod regions for three years of route inspections 2018-2020, and in Kursk, Lipetsk and Tambov regions for two years (2019-2020). In all areas was the growing prevalence of diseases that depended not only from the increased area sown to soybeans, favorable weather conditions and the species diversity of pathogens causing foliar diseases. **Object.** Various varieties of domestic and foreign selection in five regions of soybean cultivation. Various soybean diseases were taken into account. **Material and methods.** The survey of soybean crops was carried out in 2019–2020. in the Central Chernozem region (Belgorod, Voronezh, Kursk, Tambov and Lipetsk regions). We examined varieties of foreign and domestic selection. Diseases were counted in the phases of flowering and the beginning of legume formation. The prevalence of diseases was determined according to generally accepted methods during route surveys of crops. **Results and conclusions.** Protection of soybean crops is based on regular monitoring of harmful objects and is part of the crop cultivation technology. The purpose of phytosanitary monitoring is to collect information about diseases with sufficient completeness and to propose the most rational approaches to preventive and protective measures. The identification of modern diseases is the basis for short-term and long-term forecasts in the region and determines measures to combat the most harmful objects for the region.

Key words: soyabean, disease incidence, development, pathogens, fungicides, disease monitoring.

Citation. Saenko G.M., Mustaphina M. Phytosanitary survey of soybean in the Central Chernozem region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 175-185 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-19.

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 conflicts of interest.

УДК 632.3:632.4:632.7

ФИТОСАНИТАРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СОИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

Г. М. Саенко¹, кандидат биологических наук
М. А. Мустафина², кандидат биологических наук

¹Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В. С. Пустовойта г. Краснодар, Россия

²ООО «Сингента», г. Москва

Дата поступления в редакцию 12.03.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. В статье приведены результаты фитосанитарного мониторинга посевов сои в условиях Центрального Черноземья. Показаны данные о распространённости и степени развития болезней в пяти областях: Воронежской, Белгородской областях – за три года маршрутных обследований 2018–2020 гг., и в Курской, Липецкой и Тамбовской областях – за два года (2019–2020 гг.). Во всех областях было нарастание распространённости болезней, что зависело не только от увеличения площади посева под сою, благоприятных погодных условий, но и от видового разнообразия патогенов, вызывающих листовые болезни. **Объект.** Различные сорта отечественной и иностранной селекции в пяти регионах возделывания сои. Учитывали различные болезни сои. **Материалы и методы.** Обследование посевов сои проводили в 2019–2020 гг. в Центральном Чернозёмном районе (Белгородская, Воронежская, Курская, Тамбовская и Липецкая области). Обследовали сорта зарубежной и отечественной селекции. Учёт болезней проводили в фазы цветения и начала бобообразования. Распространённость болезней определяли согласно общепринятым методикам при маршрутных обследованиях посевов. **Ре-**

зультаты и выводы. Защита посевов сои строится на регулярном мониторинге вредных объектов и является частью технологии возделывания культуры. Назначение фитосанитарного мониторинга состоит в том, чтобы с достаточной полнотой собрать информацию о болезнях и предложить наиболее рациональные подходы к профилактическим и защитным мероприятиям. Идентификация современных болезней является основой для краткосрочного и долгосрочного прогнозов в регионе и определяет меры борьбы с наиболее вредными для региона объектами.

Ключевые слова: защита посевов сои, распространенность болезней сои, фунгициды, мониторинг болезней сои.

Цитирование. Саенко Г. М., Мустафина М. А. Фитосанитарное обследование сои в Центральном Черноземье. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 175-185. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-19.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали непосредственное участие в мониторинге посевов сои во всех исследуемых регионах Центральной Чернозёмной зоны. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный и окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращивание сои получило широкое распространение по всему миру, особенно в США, Канаде, Китае, Аргентине, Бразилии, Италии, Украине. За последнее время рост производства сои в России увеличился в несколько раз. В нашей стране она занимает второе место в структуре посевных площадей среди масличных культур после подсолнечника. Посевы сои в Российской Федерации увеличиваются с каждым годом. Основной скачок произошёл в 2017 и 2018 гг. В целом же за последние пять лет площади увеличились на 50 % [1, 5, 9, 12].

Благодаря климатическим условиям Дальний Восток занимает основную долю в структуре посевных площадей сои. Однако доля ЦЧР ежегодно увеличивается (30 % в 2019 г. и 35 % в 2020 г.), а доля Дальнего Востока сокращается (44 % в 2019 г. и 40 % в 2020 г.), в основном за счет Амурской области.

Соя занимает важное место в структуре посевных площадей в Центральном Черноземье. За последние одиннадцать лет посевные площади под сою в пяти областях (Воронежской, Белгородской, Курской, Липецкой, Орловской и Тамбовской) возросли с 136,58 тыс. га (2010 г.) до 990,2 тыс. га (2020 г.) – в 7 раз, что составляет 35 % от площади под сою в Российской Федерации.

Всего было зафиксировано более 100 сортов сои, которые выращивали агрономы по всей России в 2018-2020 гг. Это сорта как отечественной, так и зарубежной селекции. В последние годы их соотношение было примерно 50/50. Производственники отдают предпочтение в большей степени сортам ранней группы спелости [5].

Затраты агрономов на один гектар посевов сои в 2019 г. в среднем составили около 7000 рублей. Стоит отметить разницу в интенсивности обработок по регионам. В Центрально-Черноземном регионе самое большое количество продуктов на один гектар, в среднем 5,6. На Дальнем Востоке интенсивность обработок меньше – в среднем 3,9. Это повлияло на суммарную площадь однократных обработок, доля которых растет в Центрально-Черноземном регионе с каждым годом и в 2019 г. достигла уровня Дальнего Востока.

Соя становится все более привлекательной и значимой культурой, и все больше агрономов обращает на нее внимание, поскольку соя является высококорентабельной и перспективной. Несмотря на высокие затраты на выращивание, все больше хозяйств начинают заниматься этой культурой, а также расширяются площади в действующих хозяйствах.

На рисунке 1 представлена структура посевных площадей сои в России в 2020 г. по регионам. Общий размер площадей по разным данным колеблется от 2 832,7 до 3200 тыс. га.

Увеличение плотности посевных площадей культуры в Центральном Черноземье приводит к возрастанию распространённости болезней, вследствие чего вопрос защиты посевов от вредных организмов в период вегетации является актуальным.

Важное значение имеет объективная оценка фитосанитарного состояния посевов в конкретных агроклиматических условиях. Фитосанитарный мониторинг должен обосновывать стратегию и тактику защиты сои путём комплекса приёмов [1, 5].

Увеличение плотности посевных площадей культуры в большинстве регионов Российской Федерации и изменение климатических факторов приводят к увеличению распространённости болезней, вследствие чего снижается количество урожая и его качество.

Назначение фитосанитарного мониторинга состоит в том, чтобы с достаточной полнотой собрать информацию о болезнях и предложить наиболее рациональные подходы к профилактическим и защитным мероприятиям. Идентификация современных болезней культуры является основой для фитосанитарного прогноза в каждом регионе страны и определяет меры борьбы с вредными объектами.

Проведёнными ранее зарубежными и отечественными исследованиями выявлено более 50 болезней сои, вызываемых грибами, бактериями и вирусами, более 30 болезней вызывают грибные патогены. Все болезни, вызываемые патогенной микрофлорой, могут в разной степени отрицательно повлиять на состояние посевов сои: вызвать изреженность посева, снизить продуктивность растения, а также ухудшить качество семенного материала. По нашим данным и данным других отечественных исследователей, потери урожая от болезней могут достигать свыше 10 % [2-4, 6-8, 10, 11].

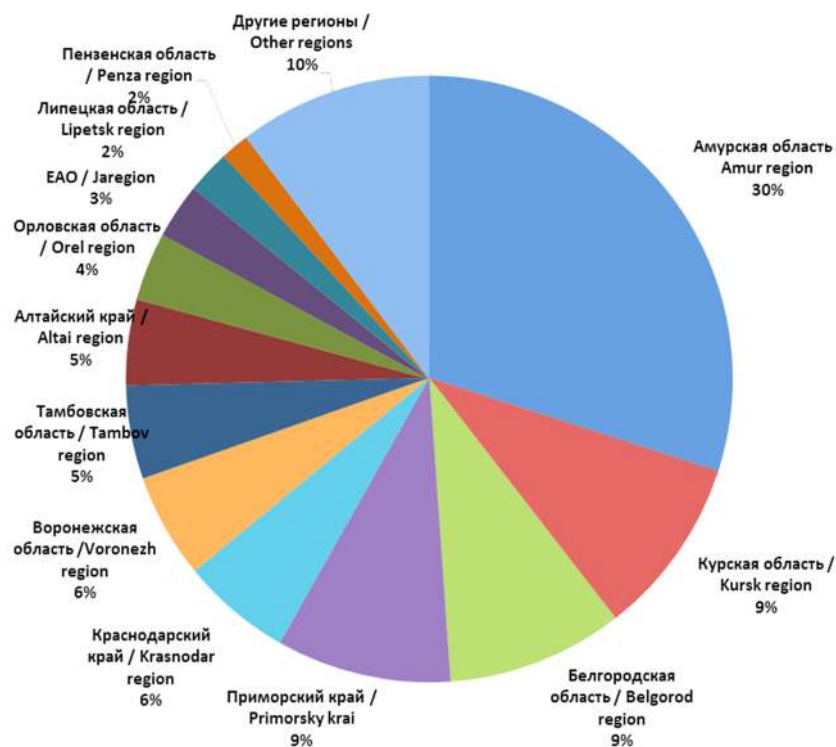


Рисунок 1 – Структура посевных площадей по регионам России в 2020 г (цит. по Герасимовой Л.)

Figure 1 – The structure of cultivated areas by regions of Russia in 2020 (by L. Gerasimova)

В связи с вышеизложенным возникла необходимость проведения фитосанитарного мониторинга наиболее крупного региона выращивания сои – Центральный Чернозёмный район (ЦЧР).

Материалы и методы. Фитосанитарное обследование посевов сои проводили в середине–конце июля, когда растения сои были в фазе «конец цветения», либо «начало бобообразования». Эти фазы наиболее благоприятны для учётов в производственных посевах, так как на растении хорошо визуализируются все симптомы листовых болезней. По развитию и распространённости болезней можно было давать оценку о необходимости применения фунгицидной обработки по вегетации.

Учёты проводили согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве под ред. В. И. Долженко [2].

При проведении обследований на каждом поле по диагонали осматривали по 10 растений в 10 местах. Учитывали количество больных растений.

Распространённость (количество больных растений, выраженное в процентах) вычисляли по следующей формуле:

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где P – распространённость болезни, %; N – общее количество растений в пробах; n – количество больных растений.

Степень поражения листовых пятнистостей определяли по шкале (в баллах): 0 – признаков поражения нет; 1 – пятна занимают до 5 % площади листа; 2 – пятна занимают до 25 % площади листа; 3 – пятна занимают до 50 % площади листа; 4 – пятна занимают до 75 % площади листа; 5 – пятна занимают более 75 % площади листа.

Результаты и обсуждение. Для каждой болезни была характерна приуроченность к ярусу самого растения. Поэтому определённую болезнь можно было в данную фазу учёта идентифицировать строго на определённом ярусе: верхнем, среднем или нижнем.

Обследования посевов сои в Воронежской, Белгородской, Курской, Липецкой и Тамбовской областях показали наличие грибных и бактериальных болезней: пероноспороз (лмр), возбудитель – *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd., серая округлая пятнистость (церкоспороз), возбудитель – *Cercospora sojae* Hara (C. Daizu Miura), септориоз, возбудитель – *Septoria glycines* T. Hemmi, пурпурный церкоспороз, возбудитель – *Cercospora kikuchii* (Matsuet Tomoyasu) Yarn, аскохитоз, возбудитель – *Ascochyta sojaecola* Abramo и филлостиктоз, возбудитель – *Phyllosticta sojaecola* Mass (в Тамбовской области), а также белая гниль, возбудитель – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary), бактериальный ожог, возбудители – *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* Coepp, *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*, бактериальное увядание, возбудитель – бактерия *Pseudomonas solanacearum* Smith. (таблицы 1–5).

В 2018 г. были обследованы Воронежская и Белгородская области. В посевах сои в различных хозяйствах были выявлены пероноспороз, аскохитоз, септориоз, округлая серая пятнистость.

В Воронежской области были выявлены только бактериоз и пурпурный церкоспороз, которые имели большой процент распространённости – 100 и 70 % соответственно (таблица 1). Развитие болезней в 2018 г. пока не превышало ЭПВ для болезней. В 2019 г. в Воронежской области были благоприятные погодные условия для развития пероноспороза, септориоза, бактериоза и обычного церкоспороза. Степень развития пероноспороза была уже гораздо выше по сравнению с прошлым годом обследования. Условия 2020 г. характеризовались неблагоприятными условиями для развития таких

болезней, как лмр, аскохитоз, септориоз, пурпурный церкоспороз и бактериоз, однако были выявлены болезни, которые ранее не встречались в посевах сои, – ризоктониозная пятнистость и филлостиктоз. Эти болезни имели довольно большой процент распространённости: 40–70 % ризоктониозная пятнистость и 0–80 % филлостиктоз.

В Белгородской области в течение всех трёх лет обследования условия были благоприятны для развития таких болезней, как пероноспороз и септориоз. Распространённость лмр составляла 1–100 %, хотя развитие было ниже ЭПВ, септориоз имел распространённость от 0 до 100 %, а развитие болезни с каждым годом нарастало (таблица 2). Также была выявлена округлая серая пятнистость с развитием болезни 3 % и белая гниль с распространённостью 10 % и развитием 90 %. В 2019 г. были идентифицированы аскохитоз, пурпурный церкоспороз и бактериоз. В 2020 г. сложились благоприятные условия для целого ряда болезней, которые развивались и в прошлые годы, а также для новых болезней: ризоктониозная пятнистость и филлостиктоз. Эти болезни также поражают листовую пластинку и могут влиять на фотосинтетическую активность листового аппарата.

Таблица 1 – Фитосанитарное состояние посевов сои в Воронежской области, 2018–2020 гг.

Table 1 – Phytosanitary condition of soybean crops in the Voronezh region, 2018–2020

Год/ Year, селекция / selection		Болезнь, % (min–max)/ Diseases																	
		пероноспороз (лмр) / downy mildew		аскохитоз / ascochitis		септориоз / septoria brown spot		пурпурный церкоспороз / cercospora leaf blight		бактериоз / bacterial blight		округлая серая пятнистость / frogeye leaf spot		ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight		филлостиктоз / phylllosticta leaf spot		белая гниль / sclerotinia stem rot	
		P*	**R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
2018	иностран. / foreign	0–10	5	0–80	0–4	1	5	70	15	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0
	отеч. / domestic	100	3	0	0	100	3	0	0	100	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	иностран. / foreign	5–95	5–28	0	0	0–70	10–30	0	0	0–50	50–20	1–80	3–5	0	0	0	0	0	0
	отеч. / domestic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	иностран. / foreign	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0–10	5	40–70	5	0–80	5–17	0	0
	отеч. / domestic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	9–17	0	0	0

P* – распространённость болезни / prevalence of the disease,

R** – развитие болезни/ disease progression

Обследования в Курской области проводили в 2019–2020 гг. Оба года характеризовались развитием пероноспороза, септориоза и бактериоза (таблица 3). Распространённость в некоторых хозяйствах достигала 100 %. В 2019 г. были выявлены ещё

другие болезни: ризоктониозная пятнистость, филлостиктоз, округлая серая пятнистость, а также пурпурный церкоспороз. В 2020 г. разнообразие видового состава болезней значительно увеличилось, что также связано с большой площадью выращивания сои, а также насыщением ею севооборота. Сильную степень развития (до 70 %) зафиксировали у пероноспороза.

В Липецкой области по развитию болезней картина была практически аналогичная Курской области (таблица 4). Развитие в оба года обследования получили такие болезни, как пероноспороз, септориоз и бактериоз, – до 100 %. Аскохитоз, ризоктониозная пятнистость и филлостиктоз были выявлены только в 2020 г. Распространённость всех болезней колебалась от 0 до 100 %. Большое развитие было у пурпурного церкоспороза – 50 %.

Таблица 2 – Фитосанитарное состояние посевов сои в Белгородской области, 2018–2020 гг.

Table 2 – Phytosanitary condition of soybean crops in the Belgorod region, 2018–2020

Год / Year, селекция / selection		Болезнь, % (min–max) / Disease																	
		пероноспороз (лмр) / downy mildew		аскохитоз / ascochitis		септориоз / septoria brown spot		пурпурный церкоспороз / cercospora leaf blight		бактериоз / bacterial blight		округлая серая пятнистость / frog-eye leaf spot		ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight		филлостиктоз / phyllosticta leaf spot		белая гниль / sclerotinia stem rot	
		P*	** R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
2018	иностран./ foreign	100	5	1	5	80	5	0	0	0	0	0–80	3	0	0	0	0	0	0
	отеч./ do- mestic	10–100	5	0	0	0–100	6	0	0	0	0	0–5	3	0	0	0	0	10	90
2019	иностран./ foreign	0–40	5	0–20	5	8–100	3–15	0–15	0–10	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	отеч./ do- mestic	1–100	3–5	0	0	1–20	3–10	0	0	1	3	10	3	0	0	0	0	0	0
2020	иностран./ foreign	0–70	5–7	0	0	0–100	20	0–100	10	0	0	0	0	0–50	5–15	0–70	5	0	0
	отеч./ do- mestic	10–80	5–8	0	0	10–95	5–17	0	0	0–10	8	0	0	0–40	5	0–90	8–10	0	0

Обследования посевов сои в Тамбовской области показали, что 2020 г. был более насыщен по развитию болезней (таблица 5). Распространение получили следующие болезни: пероноспороз (60–100 %), септориоз (80–100 %), пурпурный церкоспороз (90–100 %), ризоктониозная пятнистость и филлостиктоз. В 2019 г. были только пурпурный церкоспороз (20–90 %), бактериоз (0–100 %), филлостиктоз (90 %) и округлая серая пятнистость (90–100 %).

Таблица 3 – Фитосанитарное состояние посевов сои в Курской области, 2019–2020 гг.

Table 3 – Phytosanitary condition of soybean crops in the Kursk region

Год/ Year, селекция / selection		Болезнь, % (min–max) / Disease													
		пероноспороз (лмр) / downy mildew		аскохитоз / ascochitis		септориоз / septoria brown spot		пурпурный церкоспороз / cercospora leaf blight		бактериоз / bacterial blight		округлая серая пятнистость / frog-eye leaf spot		ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight	
		P*	** R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
2019	иностран. / foreign	0	0	0	0	50–100	3–5	0	0	100	3	0	0	0	0
	отеч. / domestic	100	10–45	0	0	0–80	0–3	5	3	5–10	3–10	5	3	0	0
2020	иностран. / foreign	0–100	5–30	0	0	10–100	5–15	0–50	10	0–100	5	0	0	20–80	5–12
	отеч. / domestic	0–100	9–70	0	0	0–100	20–70	0–90	10	0	0	0–100	7	0–80	10
		0–100	5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	50	5
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 4 – Фитосанитарное состояние посевов сои в Липецкой области, 2019–2020 гг.

Table 4 – Phytosanitary condition of soybean crops in the Lipetsk region

Год / Year, селекция / selection		Болезнь, % (min–max) / Disease													
		пероноспороз (лмр) / downy mildew		аскохитоз / ascochitis		септориоз / septoria brown spot		пурпурный церкоспороз / cercospora leaf blight		бактериоз / bacterial blight		округлая серая пятнистость / frog-eye leaf spot		ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight	
		P*	** R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
2019	иностран. / foreign	60–100	5–27	0	0	30–70	5–10	0	0	0–80	10	0	0	0	0
	отеч. / domestic	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	иностран. / foreign	0–80	5	0	0	0–100	3	10–100	50	0–100	5	0	0	10–50	8–20
	отеч. / domestic	0–100	5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5 – Фитосанитарное состояние посевов сои в Тамбовской области, 2019–2020 гг.

Table 5 – Phytosanitary condition of soybean crops in the Tambov region

Годы / Years, селекция / selection		Болезнь, % (min–max)/ Disease																	
		пероноспороз (лмр) / downy mildew		аскохитоз / ascochitis		септориоз / septoria brown spot		пурпурный церкоспороз / cercospora leaf blight		бактериоз / bacterial blight		округлая серая пятнистость / frogeye leaf spot		ризиктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight		филлостиктоз / phyllosticta leaf spot		белая гниль / sclerotinia stem rot	
P*	**R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R		
2019	иностран./ foreign	0	0					20–90	10–35	0–100	5–20	90–100	5–8	0	0	0	0	0	0
	отеч./ domestic	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0
2020	иностран./ foreign	60–100	5–7	0	0	80–100	5–7	90–100	5–50	0	0	5	5	5–100	5–8	0	0	0	0
	отеч./ domestic	0	0	0	0	–	–	80	30	0	0	–	–	50	10	50	5	0	0

На основании проведённого мониторинга посевов сои можно сделать следующие выводы:

– погодные условия в Центральном Чернозёмном районе (ЦЧР) за время вегетации культуры меняются в течение суток и полевого сезона, и нельзя однозначно сказать, что в том или ином году будет меньшее или большее развитие болезней. Прохладное утро, которое сопровождается росами, и высокие дневные температуры воздуха в полях дают необходимый толчок для развития патогенов, особенно в период вегетации культуры;

– увеличение площади посевов под сою предусматривает рост возбудителей листовых болезней. Происходит как увеличение их распространённости и развития (пероноспороз, септориоз, бактериоз, обычная серая пятнистость), так и увеличение видового состава возбудителей болезней по годам, ранее не встречавшихся в этой зоне (ризиктониозная пятнистость, филлостиктоз, пурпурный церкоспороз);

– за годы обследования руководители хозяйств и агрономы убедились в необходимости применения защитных мероприятий в посевах сои: превентивное применение препаратов, направленное на предупреждение сильного развития листовых болезней;

– важно применять системные комбинированные препараты при проведении фолитарной (листовой) обработки, которые обладают защитным, иммунизирующим и лечащим действием.

Библиографический список

1. Герасимова Л. Соя в растущем тренде // Защита растений. 2019. № 12 (289). <https://www.agroxxi.ru/zrast/201912/201912.pdf>.
2. Долженко В. И., Лаптиев А. Б., Буркова Л. А. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в части биологической эффективности. Москва, 2018. 56 с.
3. Заостровных В. И., Кадулов А. А., Дубовицкая Л. К. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеяния Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 51–67.
4. Заостровных В. И., Рязанова О. А., Кадулов А. А. Фитосанитарный мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеяния // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: сборник статей. 2017. С. 21–32.

5. Кривошлыков К. М., Рощина Е. Ю., Козлова С. А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и в России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. 2016. Вып. 3 (167). С. 64-69.

6. Саенко Г. М., Бушнева Н. А. Мониторинг болезней и вредителей сои в условиях Краснодарского края // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. С. 484-488.

7. Саенко Г. М., Бушнева Н. А. Эффективность предпосевной обработки семян сои против болезней и вредителей всходов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. № 1 (169). С. 75-82.

8. A farmer's guide to soybean diseases / Edited by D. Mueller, K. Wise, A. Sis-son, D. Smith, E. Sikora, C. Bradley, A. Robertson // American Phytopathological Society, St. Paul, MN. USA. 2018. 155 p.

9. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in Argentina / M. Carmona [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 70. P. 83-91.

10. Hartman G. L., Rupe J. C., Sicora E. J. Compendium of soybean diseases. 5rd ed. // American Phytopathological Society, St. Paul, MN. USA. 2015. 211 p.

11. Karlekara A., Sealb A. SoyNet: Soybean leaf diseases classification // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 172. 105342.

12. The potential for soybean to diversify the production of plant-based protein in the UK / K. Coleman [et al.] // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 767. 144903.

Conclusions. Based on the monitoring of soybean crops, the following conclusions can be drawn:

- the weather conditions in the Central Chernozem region (CChR) during the growing season of the crop change during the day and the field season, and it is impossible to say unequivocally that in a given year there will be less or more development of diseases. Cool mornings accompanied by dews and high daytime air temperatures in the fields give the necessary impetus for the development of pathogens, especially during the growing season of the crop;
- an increase in the area of crops for soybeans provides for the growth of pathogens of leaf diseases. There is both an increase in their prevalence and development (downy mildew, septoria brown spot, bacterial blight, frogeye leaf spot), and an increase in the species composition of pathogens by years that have not previously been found in this zone (rhizoctonia seedling blight, phyllosticta leaf spot, cercospora leaf blight);
- over the years of the survey, the heads of farms and agronomists were convinced of the need to use protective measures in soybean crops: the preventive use of drugs aimed at preventing the strong development of leaf diseases.
- it is important to use systemic combination drugs when carrying out foliar (leaf) processing, which have a protective, immunizing and curative effect.

Reference

1. Gerasimova L. Soya v rastuschem trende // Zashita rastenij. 2019. № 12 (289). <https://www.agroxxi.ru/zrast/201912/201912.pdf>.
2. Dolzhenko V. I., Laptiev A. B., Burkova L. A. Metodicheskie ukazaniya po registracii ispytaniyam fungicidov v chasti biologicheskoy jffektivnosti. Moskva, 2018. 56 p.
3. Zaostrovnyh V. I., Kadurov A. A., Dubovickaya L. K. Monitoring vidovogo so-stava boleznej soi v razlichnyh zonah soeseyaniya Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2018. № 4 (48). P. 51-67.
4. Zaostrovnyh V. I., Ryazanova O. A., Kadurov A. A. Fitosanitarnyj monito-ring vidovogo sostava boleznej soi v razlichnyh zonah soeseyaniya // Sovremennye ten-dencii sel'skohozyajstven-nogo proizvodstva v mirovoj jkonomike: sbornik statej. 2017. P. 21-32.
5. Krivoshlykov K. M., Roschina E. Yu., Kozlova S. A. Analiz sostoyaniya i raz-vitiya pro-izvodstva soi v mire i v Rossii // Maslichnye kul'tury. Nauch. -- teh. byul. VNIIMK. 2016. Vyp. 3 (167). P. 64-69.
6. Saenko G. M., Bushneva N. A. Monitoring boleznej i vreditel'ej soi v uslovi-yah Krasno-darskogo kraya // Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Omsk: FGBOU VO Omskij GAU, 2019. P. 484-488.

7. Saenko G. M., Bushneva N. A. Jefferktivnost' predposevnoj obrabotki se-myan soi protiv boleznej i vreditelej vsxodov // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2017. № 1 (169). P. 75-82.

8. A farmer's guide to soybean diseases / Edited by D. Mueller, K. Wise, A. Sis-son, D. Smith, E. Sikora, C. Bradley, A. Robertson // American Phytopathological Society, St. Paul, MN. USA. 2018. 155 p.

9. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in Argentina / M. Carmona [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 70. P. 83-91.

10. Hartman G. L., Rupe J. C., Sicora E. J. Compendium of soybean diseases. 5rd ed. // American Phytopathological Society, St. Paul, MN. USA. 2015. 211 p.

11. Karlekara A., Sealb A. SoyNet: Soybean leaf diseases classification // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 172. 105342.

12. The potential for soybean to diversify the production of plant-based protein in the UK / K. Coleman [et al.] // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 767. 144903.

Authors Information

Saenko Galina Mikhailovna, senior researcher department of Soybean FSBSI FSC VNIIMK (350038, Krasnodar, str. Filatov, 17), candidate of biological sciences, tel. 8-918-34-177-35, e-mail: saenkogm@mail.ru

Mustafina Maria Anatolyevna, senior technical expert on diseases of grain and field crops of the Syngenta company, (115114, Russia, Moscow, Letnikovskaya st., 2, building 3), candidate of biological sciences, tel. 8-985-131-56-86, e-mail: maria.mustafina@syngenta.com

Информация об авторах

Саенко Галина Михайловна, старший научный сотрудник отдела сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), кандидат биологических наук, тел. 8-918-34-177-35, e-mail: saenkogm@mail.ru

Мустафина Мария Анатольевна, старший технический эксперт по болезням зерновых и полевых культур компании ООО «Сингента» (115114, Россия, г. Москва, ул. Летниковская, д. 2, стр. 3), кандидат биологических наук, тел. 8-985-131-56-86, e-mail: maria.mustafina@syngenta.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20

REGULARITIES OF OVERGROWTH REFORESTATION OF PROTECTIVE STANDS OF ROBINIA PSEUDOACACIA ON THE TERSKO-KUM SANDS

I.G. Surkhaev¹, G.M. Surkhaeva¹, L.P. Rybashlykova²

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation Russian Academy of Sciences, Stavropol region

²Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd

Received 12.10.2020

Submitted 04.04.2021

The work was carried out on the topic of State task No. 0713-2019-0002 " to Develop scientific bases, new methods, models and technologies for effective forest-reclamation development and multi-purpose use of low-productive and degraded lands of the arid zone of the Russian Federation

Summary

The article provides an ecological and forestry assessment of the restoration of Robinia in different ecotopes of cultivation. The analysis of the effectiveness of reforestation of robinium protective stands on the Tersko-Kum Sands Shows the age-related quantitative variability of its growth type.

Abstract

Introduction. The culture of *Robinia pseudoacacia* L. on the Tersko-Kum Sands, it is widely used in forest reclamation of degraded lands (Sands and sandy lands). More than a century of experience of its use in creating vetrogonnyh forest strips on arable and pasture lands, reforestation of sand to create the rocker, curtains and other types of plantings contribute to improving ecological potential in arid areas, improve the microclimate of the protected areas, hydrological conditions and increased humification of sandy soils. These factors significantly increase (10-20 %) the phytoproductivity of the agroforest landscapes they protect. However, in the harsh soil and climate conditions of the Western Caspian region, robinium protective stands are

not long enough (40-50 years) and therefore need timely biological restoration to maintain the necessary level of their meliorative influence on the ecology of arid landscapes. According to long-term research of the Achikulak Scientific Research Forest Experimental Station (2012-2017), the regenerative potential of seed plantations of *Robinia pseudoacacia* after 20-25 years decreases from 90-100 % of stump renewal to 35-20 % by 46-50 years of growth. With age (after 35 years), the proportion of root growth in the vegetative plantings decreases, and the root growth increases. The age of cutting the seed plant and the conditions of its ecotop creation have a decisive influence on the intensity of growth. In stands with a high degree of regeneration of Robinia shoots (4-5 thousand and more) there is a conditional tiering of trees by stages of growth, in which the 2 and 3 tiers are characterized by suppressed growth and early drying of shoots from the silencing influence of the crowns of the first tier. **Object.** Different-age stands of *Robinia pseudoacacia* L. created in different ecotopes of polymictic Sands. **Materials and methods.** The studies were conducted using techniques forest inventory of forest stand N. P. Anuchin, T. T. Bitvinskas. Registration sites were selected in the most typical and homogeneous plantings. To assess the state of growth stands, a continuous list of root and root shoots was conducted. The age, height and diameter of the stumps were taken into account, as well as the taxational indicators of the growth shoots (trunks) on each of them. The age of the shoots was determined by the number of scars left from the apical Bud or rings of wood on the sections of the trunks of the growth. **Results and conclusion.** Reforestation of robinium stands by reforestation at the age of 25-35 years allows to form dense (4000-2000 PCs./ha), and at 36-45 years – medium-dense (1000-400 der./ha), and after 45 years, only sparse (400-150 der./ha) vegetative stands on the Sands. In Mature and perestoyh Robinia plantings to increase the number and quality of shoots are effective various techniques of deep mechanical injury (40-50 cm) (with a cutter knife, ploughshare, Ripper stand) roots, with which you can additionally get up to 1000-1500 of its vegetative root shoots on one hectare of stand.

Key words: coarse growth, vegetative planting, afforestation, forest melioration, tree stand, protective afforestation, Tersko-Kumsky sands.

Citation: Surkhaev I.G., Surkhaeva G.M., Rybashlykova L.P. Regularities of overgrowth reforestation of protective stands of Robinia pseudo-acacia on the Tersko-Kum sands *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 185-195 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20.

Autor's contribution I.G. Surkhaev, G.M. Surkhaeva collected the material, processed and analyzed data, wrote an article. L.P. Rybashlykova systematized and analyzed the data, reviewed literature on the problem under study, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest.

УДК 630.181:631.6

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОРОСЛЕВОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ДРЕВОСТОЕВ РОБИНИИ ПСЕВДОАКАЦИИ НА ТЕРСКО-КУМСКИХ ПЕСКАХ

И. Г. Сурхаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. М. Сурхаева¹, научный сотрудник

Л. П. Рыбашлыкова², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Ставропольский край, с. Ачикулак

²Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.10.2020

Дата принятия к печати 04.04.2021

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2019-0002
«Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации»

Актуальность. В статье дана экологическая и лесоводственная оценка восстановления робинии в разных экотопах выращивания. Проведен анализ эффективности лесовосстановления робиниевых защитных древостоев на Терско-Кумских песках. Представлена возрастная коли-

чественная ее изменчивость по типу порослеобразования. Культура *Robinia pseudoacacia* L. на Терско-Кумских песках получила широкое распространение в лесомелиорации деградированных земель (песков и песчаных земель). Более чем вековой опыт ее использования в создании ветроломных лесных полос на пашне и пастбищных угодьях, облесении песков созданием кулисных, куртинных и др. видов ее насаждений способствует повышению экологического потенциала аридной территории, улучшению микроклимата защищаемых угодий, гидрологических условий и усилению гумификации песчаных почв. Указанные факторы заметно повышают (10-20 %) фитопродуктивность защищаемых ими агролесоландшафтов. Однако в жестких почвенно-климатических условиях Западного Прикаспия робиниевые защитные насаждения недостаточно долговечны (40-50 лет) и поэтому нуждаются в своевременной биологической реставрации для поддержания необходимого уровня их мелиоративного влияния на экологию аридных ландшафтов. По данным многолетних исследований Ачикулаской НИЛОС (2012-2017 гг.), регенеративный потенциал семенных насаждений робинии лжеакакии после 20-25 лет убывает с 90-100 % возобновления пней до 35-20 % к 46-50 годам роста. С возрастом (после 35 лет) доля пневой поросли в вегетативном насаждении сокращается, а корневой – увеличивается. Возраст рубки семенного насаждения и условия экотопа его создания оказывают решающее влияние на интенсивность порослеобразования. В древостоях с высокой степенью регенерации побегов робинии (4-5 тыс. шт. и более) обнаруживается условная ярусность деревьев по ступеням роста, в которой 2 и 3 ярусы характеризуются подавленным ростом и ранним усыханием порослевых побегов от заглушающего влияния крон первого яруса. **Объект.** Разновозрастные насаждения *Robinia pseudoacacia* L., созданные в разных экотопах полимиктовых песков. **Материалы и методы.** Исследования проводились с использованием методик по таксации древостоев Н. П. Анучина, Т. Т. Битвинскаса. Учетные площадки отбирались в наиболее типичных и однородных по составу насаждениях. Для оценки состояния порослевых древостоев проводился сплошной пересчет пневых и корневых побегов. При этом учитывались возраст, высота и диаметр пней, а также таксационные показатели порослевых побегов (стволов) на каждом из них. Возраст побегов устанавливался по количеству рубцов, оставшихся от верхушечной почки или колец древесины на срезах стволов поросли. **Результаты и выводы.** Лесовосстановление робиниевых насаждений лесовозобновительной рубкой в возрасте 25-35 лет позволяет сформировать густые (4000-2000 шт./га), а в 36-45 лет – средне-густые (1000-400 дер./га), а после 45 лет – только изреженные (400-150 дер./га) вегетативные древостои на песках. В спелых и перестойных насаждениях робинии для увеличения количества и качества порослевых побегов эффективны различные приемы глубокого механического поранения (40-50 см) (ножом щелереза, плужным лемехом, стойкой рыхлителя) корней, с помощью которых можно дополнительно получить до 1000-1500 ее вегетативных корнеотпрысковых побегов на одном гектаре древостоя.

Ключевые слова: порослеобразование, вегетативные насаждения, облесение, лесовосстановление, защитные древостои, защитное лесоразведение, Терско-Кумские пески.

Цитирование: Сурхаев И. Г., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Закономерности порослевого лесовосстановления защитных древостоев робинии псевдоакакии на Терско-Кумских песках. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 185-195. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20.

Авторский вклад: Сурхаев И. Г., Сурхаева Г. М. собрали материал, обработали и проанализировали данные, написали статью. Рыбашлыкова Л. П. систематизировала и анализировала полученные данные, провела обзор литературных источников, откорректировала рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Терско-Кумские пески – обширная аридная территория (около 1 млн. га) в западной части Прикаспийской низменности. Естественными границами ее служат: на юге – река Терек, на востоке – Каспийское море, на западе – Ставропольская возвышенность и на севере – река Кума [9]. Это безлесная зона сухой степи и полупустыни, где с начала прошлого века (1904-1912 гг.) непрерывно ведутся работы по борьбе с «летучими песками» посадкой леса с использованием многих лиственных пород – интродуцентов, в т.ч. и робинии лжеакакии (*Robinia pseudoacacia* L.), ставшей доминирующей культурой в

лесомелиорации региона [6]. Более 1500 га разнотипных ее насаждений (узкополосные, широкополосные, кулисные, куртинные) на Бажиганском и Терском массивах песков созданы Ачикулакской опытной станцией. Они многофункционального назначения (полезащитные, пастбищезащитные, пескозакрепительные, рекреационные и др. виды насаждений [2,4]. В настоящее время достигли кульминации в своем биологическом развитии (40-50 лет) в данных жестких почвенно-климатических условиях выращивания и требуют своевременного лесовосстановления для сохранения мелиоративной защиты аридных ландшафтов [3]. По данным многолетних исследований Ачикулакской НИЛОС (2012-2017 гг.), регенеративный потенциал семенных насаждений робинии лжеакации после 20-25 лет убывает с 90-100 % возобновления пней до 35-20 % к 46-50 годам роста. С возрастом (после 35 лет) доля пневой поросли в вегетативном насаждении сокращается, а корневой – увеличивается. Возраст рубки семенного насаждения и условия экотопа его создания оказывают решающее влияние на интенсивность порослеобразования. В древостоях с высокой степенью регенерации побегов робинии (4-5 тыс. шт. и более) обнаруживается условная ярусность деревьев по ступеням роста, в которой 2 и 3 яруса характеризуются подавленным ростом и ранним усыханием порослевых побегов от заглушающего влияния крон первого яруса. Активный рост пневых и корневых побегов наблюдается до 8-12 лет. Лучшими таксационными показателями выделяются вегетативные насаждения в экотопах с доступными грунтовыми водами [4]. По долголетию они уступают семенным (материнским) древостоям на 10-15 лет [8].

Материалы и методы. Объектами исследований стали разновозрастные вегетативные насаждения робинии псевдоакации, созданные Ачикулакской НИЛОС в разных экотопах полимиктовых песков Терского и Бажиганского массивов.

Работа проводилась с использованием типовых методических правил и разработок по таксации древостоев [5]. Учетные площадки отбирались в наиболее типичных и однородных по составу насаждениях. Для оценки состояния порослевых древостоев проводился сплошной пересчет пневых и корневых побегов. При этом учитывались возраст, высота и диаметр пней, а также таксационные показатели порослевых побегов (стволов) на каждом из них. Возраст побегов устанавливался по количеству рубцов, оставшихся от верхушечной почки или колец древесины на срезах стволов поросли. Общее состояние поросли оценивалось по 3 балльной шкале. Высший балл 3 – поросль хорошая; балл 2 – поросль удовлетворительная и балл 1 – поросль неудовлетворительная по состоянию.

Результаты и обсуждение. Робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia*) – листопадное древесное растение [1,11,12], интродуцировано в Терско-Кумское междуречье в начале прошлого века для целей лесомелиорации песков и песчаных земель региона [7].

В культуре она неприхотлива к почвенным условиям, а активный рост до 10 лет сопровождается устойчивым ежегодным приростом (60-80 см) на влагодоступных песках, выдерживает даже некоторое их засоление, деревья развивают мощную ярусную корневую систему и надземную ствольную часть, обладающую способностью к активному порослеобразованию. Эта биологическая особенность робинии дает возможность эффективно (за 5-6 лет) и экономично (в 3-4 раза малозатратнее в сравнении с классическим воспроизводством леса) провести лесовосстановление усыхающих с возрастом ее древостоев.

Опыт их вегетативного лесовосстановления на Терско-Кумских песках изучался в Ачикулакской НИЛОС Лашкевичем К. А. в послевоенный период (1948-1950 гг.) и немного позднее (1958-1960 гг.) Петуховым В. М., а в начале нынешнего столетия Сурхаевым И. Г. (2012-2017 гг.).

В ходе многолетней экспериментальной деятельности опытной станции (1946-2014 гг.) успешно осуществлялись работы по вегетативному лесовосстановлению робиниевых защитных древостоев на значительной площади (около 1000 га) ее лесомелиоративного

фонда. Интегральная оценка их состояния наглядно свидетельствует о высокой эффективности метода биологической реставрации (лесовосстановления) усыхающих по возрасту насаждений робинии псевдоакалии на Терско-Кумских песках (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ эффективности лесовосстановления робиниевых защитных древостоев на Терско-Кумских песках

Table 1 - Analysis of the effectiveness of reforestation of robinia protective stands on the Tersko-Kum sands

№	Этапы лесовосстановительных работ/ Stages of reforestation work	Площадь ЛВР, га/ Area, ha	Лесоводственно-таксационные показатели в 10 лет Forestry and taxation indicators in 10 years					
			кол-во побегов, шт./га/ number of shoots pcs./ha	высота, м/ height, m	диаметр, см/ diameter, cm	Полнота/ completeness	Бонитет/ bonitet	состояние, балл/ condition, mark
1	1946-1956 гг.	78,0	4700,0	9,3	1,8	1,0-0,9	II	5
2	1957-1967 гг.	134,0	4300,0	9,2	11,4	1,0-0,9	II	5
3	1968-1978 гг.	141,0	3800,0	8,8	10,1	0,9-0,8	II	5
4	1979-1990 гг.	422,0	3400,0	8,6	9,6	0,8-0,7	II	5
5	1991-2002 гг.	27,0	2800,0	8,1	9,4	0,8-0,7	Ii	4
6	2003-2014 гг.	61,0	2200,0	7,6	8,1	0,7-0,6	III	4

Результаты многолетних исследований по изучению роста и состояния разновозрастных вегетативных насаждений робинии в Ачикулакской НИЛОС связывают с наличием многофакторных влияний на количественные (интенсивность порослеобразования) и качественные (рост и развитие стволов) показатели лесовосстановления. По данным исследований активность порослеобразования коррелятивно связана с возрастом рубки материнского (семенного) древостоя и условиями экотопа его создания (генезис и влагодоступность песков).

В насаждениях на песках, в зависимости от возраста проведения мероприятий по лесовосстановлению, у робинии наблюдаются 3 фазы активности порослеобразования: 1 – высокая – свойственна после рубки ее древостоев в молодом возрасте 20-30 лет; 2 – средняя (переходная) фаза регенеративной активности деревьев – характерна при проведении ЛВР в средневозрастных и приспевающих робиниевых ЗЛН (31-40 лет); 3 – низкая – фаза затухания регенеративного потенциала древесных интродуцентов (41-50 лет). При этом в возрастающих фазах реставрации в робиниевых древостоях происходит неуклонное снижение количества пней и побегов порослевого возобновления, а также высоты и диаметра вегетативных стволов и вместе с ними продуктивных показателей бонитета и запаса в насаждении (таблица 2).

Между возрастом рубки и активностью порослеобразования робинии наблюдается обратно-коррелятивная связь, которая усиливается в значительной степени после 35 лет.

Еще одним определяющим фактором формирования количественных и качественных показателей порослеобразования робинии псевдоакалии служит влагодоступность ГВ (глубина залегания и уровень минерализации ГВ) в экотопе создания насаждений, разработанная оценочная шкала влияния условий экотопа песков на рост и развитие вегетативных древостоев дает возможность получения прогнозной оценки лесовосстановления робиниевых насаждений (таблица 3).

Таблица 2 – Возрастная регенеративная активность робинии в защитных насаждениях на Бажиганском песчаном массиве

Table 2 – Age-related regenerative activity of Robinia in protective stands on the Bazhigan sand massif

№	Фаза регенеративной активности / Phase regenerative activity	Возраст рубки естеств. насажд., лет / Age of felling of natural plantings	Оценка лесовозобновления / Evaluation of reforestation		Характеристика вегетативного модального насаждения / Characteristic of vegetative modal planting			
			кол-во шт./га / quantity pieces/hectare	сохран. % в 10 лет / safety % in 10 years	высота, м / height, m	диаметр, см / diameter, cm	Полнота / completeness	класс бонитета / class of bonitet
1	высокая / high	20-30	1500-1200	5000-4000	8,1	14,3	1,0-0,8	I-II
2	средняя / average	31-40	1200-900	4000-2000	9,6	15,8	0,8-0,6	II-III
3	слабая / weak	41-50	900-600	2000-1000	10,2	16,7	<0,6	III-IV

Таблица 3 – Экологическая и лесоводственная оценка восстановления робинии в разных экотопах выращивания

Table 3 – Environmental and silvicultural assessment of reforestation of Robinia in different cultivation ecotopes

№	Экотоп песков / Ecotope of sands	Характеристика экотопа песков / Characteristic of ecotope sands			Таксационные показатели древостоя спелого возраста / Taxational indicators of tree stand ripe age's		
		глубина ГВ, м / depth GW, m	минерализация ГВ г/л / mineralization GW g/l	структура и слоистость / the structure and layering	высота, м / height, m	диаметр, см / diameter, cm	запас м³/га / stock m³/ha
1	Оптимально Благоприятный / Optimally favorable	3,0-5,0	1,0-3,0	МЗМП	15,0-12,0	20-16	130,0-100,0
2	Средне благоприятный / Average favorable	5,1-7,0	3,1-5,0	СЗМГП	12,0-9,0	16,0-12,0	100-70
3	Низко Благоприятный / Low favorable	7,1-9,0	5,1-7,0	ПОФ	9,0-6,0	12-8	70-40
4	Неблагоприятный / Adverse	>9,0	7,1-9,0	-/-	<6,0	<8,0	<40

Примечание: МЗМП – мелко-зернистые многослойные пески;

СЗМГП – среднезернистые малогумусные пески; ПОФ – пески однофазные

Порослевозобновительная спелость робиниевых древостоев на песках Терско-Кумского междуречья наступает с 20-летнего возраста, а кульминация их регенеративного потенциала достигается в 30-35 лет. Активность порослеобразования робинии и продуктивность ее вегетативных древостоев зависят от возраста проведения биологической реставрации семенных (материнских) насаждений.

Порослевые побеги робинии по типу происхождения делятся на пневые (образуются на поверхности пня из спящих почек) и корневые (отрастают на горизонтальных корнях).

Отмечена возрастная количественная ее изменчивость. В молодом периоде роста (до 35 лет) в лесовосстанавливаемом насаждении преобладает пневая, а после – корневая поросль (рисунок 1).

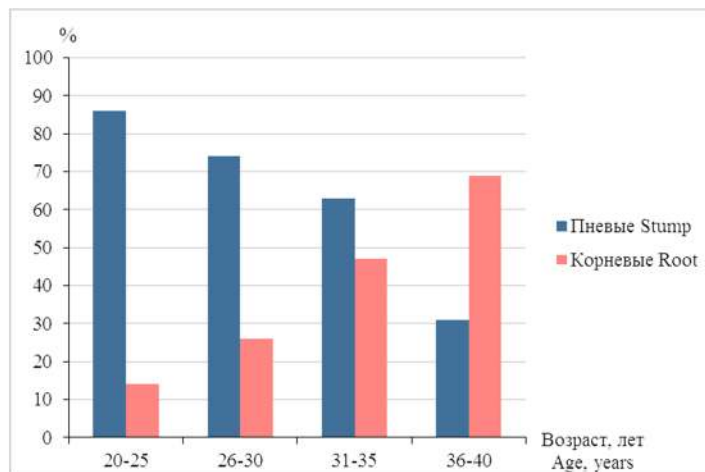


Рисунок 1 – Возрастная изменчивость робинии по типу порослеобразования (А-20-25 лет; Б -26-30 лет; В -31-35 лет; Г -36-40 лет)

Figure 1 – Age-related variability of robinia by type coarse growth (A-20-25 years; B-26-30 years; C-31-35 years; D-36-40 years)

Активный рост вегетативных побегов робинии наблюдается до 10-12 летнего возраста с текущим приростом 0,67-0,83 м, а степень сохранности их зависит от густоты их локализации и ярусной дифференциации древесного полога.

В загущенных (4,5-6,5 тыс. побегов – стволов) в многоярусных молодняках робинии происходит заметный отпад порослевых стволов 2 и 3 ярусов молодых древостоев к 10-15 годам вследствие конкурентного угнетения их крон деревьями-лидерами первого яруса, и поэтому к 25-30 годам роста сохранность их не превышает 25-30 % от общего количества отросших побегов (таблица 4).

Благодаря полиминеральному составу и повышенной корнепроницаемости песков для вегетативного (порослевого) лесовосстановления робиниевых древостоев имеются условия быстрого роста и развития деревьев в молодом возрасте по I-II классам бонитета, однако вследствие засушливости климата и неустойчивой динамичности атмосферных осадков долговечность порослевых насаждений робинии в лучших экотопах произрастания ограничивается возрастом 35-40 лет, а в худших – 25-30 лет, и поэтому их лесомелиоративный потенциал ниже семенных (материнских) насаждений на 25-30 %.

Из опыта Ачикулакской НИЛОС известно о возрастной корреляции порослевозобновительной активности робинии лжеакации в защитных насаждениях. Сохранность поросли в спелых и перестойных насаждениях (40-50 лет) количественно почти втрое ниже в сравнении со средневозрастными (30-35 лет) древостоями, и поэтому они предстают изреженными, с задернелой почвой в междурядьях, в связи с чем подвергаются негативному процессу остепнения, с ухудшением роста и мелиоративной функциональности, устойчивости и долголетия. В этой связи на опытной станции испытывались

различные приемы с целью усиления (стимуляции) корнеотпрыскового образования вегетативных побегов, отличающиеся лучшей полнотревесностью и устойчивостью к ветрообламыванию, чем пневые ствольные побеги робинии.

Таблица 4 – Возрастная динамика сохранности робиниевой поросли по типу и структуре ее образования

Table 4 - Age dynamics of the preservation of robinia shoots by the type and structure of its formation

Возраст поросли, лет/ The age of young growth, years	Количество здоровых побегов/ Number of healthy shoots	В т.ч. по количественной градации отрастания побегов, шт./ Incl. by the quantitative gradation of shoots regrowth, pcs.						
		тип поросли/ type of young growth	1-5		6-15		16-30	
			шт./ pcs.	%	шт./ pcs.	%	шт./ pcs.	%
5	5201	1	3841,0	73,8	1110,0	21,3	250,0	4,9
		2	831,0	78,2	207,0	19,5	25,0	2,3
10	3163	1	2645,0	84,6	119,0	15,3	17,0	0,1
		2	782,0	86,8	107,0	11,8	12,0	2,4
15	2987	1	2109	86,8	107,0	11,8	12,0	2,4
		2	581,0	88,6	178,0	11,3	8,0	0,1
20	2211	1	581,0	93,8	46,0	6,2	-	-
		2	520,0	92,7	98,0	7,3	-	-
25	1795	1	1388,0	98,6	28,0	2,0	-	-
		2	581,0	98,0	7,0	1,4	-	-
30	1486	1	929,0	99,1	15,0	1,2	-	-
		2	517,0	98,0	5,0	0,9	-	-

Примечание: 1 – пневая поросль; 2 – корневая поросль

По данным Петухова В. М., на Терско-Кумских песках лучшее образование корневой поросли обеспечивается механическим глубоким (40-50 см) поранением (щелезером, безотвальным плугом) корней робинии. Их количество на 1 га варьирует от 6 до 15 тыс. шт. В нашем опыте (1989 год) корнеотпрыскового возобновления раскорчеванного спелого древостоя культуры после предварительного сплошного спила деревьев в квартале 78 Ачикулакской НИЛОС показал, что корневые отпрыски больше локализируются на срезах и оборванных концах корней, а также возле пневых «гнезд». Эти побеги имеют хорошую силу роста (7-9 м), но не очень развитый ствол (6-8 см) из-за большой загущенности (6,2 тыс. шт./га) вегетативного древостоя.

Выводы. Культура робинии псевдоакалии на Терско-Кумских песках получила широкое распространение в лесомелиорации деградированных земель (песков и песчаных земель). Более чем вековой опыт ее использования в создании ветроломных лесных полос на пашне и пастбищных угодьях, облесении песков созданием кулисных, куртинных и др. видов ее насаждений способствует повышению экологического потенциала аридной территории, улучшению микроклимата защищаемых угодий, гидрологических условий и усилению гумификации песчаных почв. Указанные факторы заметно повышают (10-20 %) фитопродуктивность защищаемых ими агролесоландшафтов. Однако в жестких почвенно-климатических условиях Западного Прикаспия робиниевые защитные насаждения недостаточно долговечны (40-50 лет) и поэтому нуждаются

в своевременной биологической реставрации для поддержания необходимого уровня их мелиоративного влияния на экологию аридных ландшафтов. Многолетний опыт Ачикулакской НИЛОС по лесовосстановлению усыхающих древостоев робинии псевдоакации способом порослевого возобновления после сплошной рубки деревьев наглядно свидетельствует о высокой его эффективности применения с щадящей технологией воздействия на почву и прилегающие к ним территории.

Формирование вегетативных древостоев робинии имеет не только экологические, но и экономические преимущества в сравнении с классическим способом лесовосстановления, требуя на это значительно меньшего объема энергетических и физических затрат.

Лесовосстановление робиниевых насаждений лесовозобновительной рубкой в возрасте 25-35 лет позволяет сформировать густые (4000-2000 шт./га), а в 36-45 лет – средне-густые (1000-400 дер./га), а после 45 лет – только изреженные (400-150 дер./га) вегетативные древостои на песках.

В спелых и перестойных насаждениях робинии для увеличения количества и качества порослевых побегов эффективны различные приемы глубокого механического поранения (40-50 см) (ножом щелереза, плужным лемехом, стойкой рыхлителя) корней, с помощью которых можно дополнительно получить до 1000-1500 ее вегетативных корнеотпрысковых побегов на одном гектаре древостоя.

Мероприятия по восстановлению робиниевых ЗЛН должны выполняться, комплексно включая рубки возобновления, и содействовать естественному возобновлению для стимуляции корнеотпрыскового побегообразования.

Своевременное проведение рубок ухода (осветление, прочистка, прореживание) в вегетативных древостоях способствует поддержанию необходимого уровня лесоводственного их состояния.

В целях сохранения поросли робинии от потрав домашним скотом, рекомендуется огораживание лесосек возобновления с использованием для этого лесосечных отходов, полученных в ходе уходных рубок (хмыз, хворост, куски древесины).

Для защиты от возможного повреждения поросли от сильных порывов ветра, насаждения с открытой части местности желательно опоясать кустарниковой двухрядной кулисой из смородины золотистой, скумпии кожевенной, акации желтой или с участием других быстрорастущих низкорослых культур вдоль границы участка за 2-3 года до начала проведения мероприятий по лесовосстановлению.

Библиографический список

1. Акатов В. В., Акатова Т. В., Шадже А. Е. *Robinia pseudoacacia* L. на Северном Кавказе // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 1. С. 2-23.
2. Использование Робинии лжеакации (*Robinia pseudoacacia* L.) для облесения техногенно нарушенных земель / Э. И. Трещевская, Е. Н. Тихонова, Т. А. Малинина, С. В. Навалихин // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 151-157.
3. Манаенков А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е издание переработанное и дополненное. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. 428 с.
4. Манаенков А. С., Кулик А. К. Закрепление и облесение песков засушливой зоны. Волгоград, 2016. 55 с.
5. Морозова Е. В., Иозус А. П., Крючков С. Н. Основные итоги селекции Робинии лжеакации в Нижнем Поволжье // Успехи современного естествознания. 2018. № (12-2). С. 290-295.
6. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, И. Г. Сурхаев, К. Н. Кулик, Г. П. Стародубцева // Экосистемы. Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23.

7. Семенютина А. В., Лазарев С. Е. Особенности роста и развития представителей родового комплекса *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8. № 3. С. 46-54.

8. Стародубцева Е. А. Ценотическая роль *Robinia pseudoacacia* L. в растительных сообществах Воронежского заповедника // Разнообразие растительного мира. 2020. № 2 (5). С. 14-28.

9. Сурхаев И. Г., Сурхаев Г. А. Особенности формирования вегетативных древостоев *Robinia pseudoacacia* на Терско-Кумских песках // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2018. Т. 20. № 6. С. 23-30.

10. Танюкевич В. В., Запривода М. А. Опыт применения Робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* L.) в рекультивации террикоников донецкого края // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 1(13). С. 83-93.

11. Enescu C. M., Danescu A. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) – an invasive neophyte in the conventional land reclamation flora in Romania // Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering. 2013. Vol. 6 (55). No. 2. P 23-30.

12. Syntaxonomy of the *Robinia pseudoacacia* communities in the central peri-adriatic sector of the Italian peninsula / M. Allegrezza, S. Montecchiari, C. Ottaviani, V. Pelliccia, G. Tesei // Plant Biosystems. 2019. Vol. 153. I. 4. P. 616-623.

Conclusions. The formation of vegetative stands of *Robinia* has not only ecological, but also economic advantages in comparison with the classical method of reforestation, requiring a much smaller amount of energy and physical costs.

Reforestation of robinium stands by reforestation at the age of 25-35 years allows to form dense (4000-2000 PCs./ha), and at 36-45 years – medium-dense (1000-400 der./ha), and after 45 years, only sparse (400-150 der./ha) vegetative stands on the sands.

In Mature and perestoiny Robinia plantings to increase the number and quality of shoots are effective various techniques of deep mechanical injury (40-50 cm) (with a cutter knife, ploughshare, Ripper stand) roots, with which you can additionally get up to 1000-1500 of its vegetative root shoots on one hectare of stand.

Measures to restore Robinia Protective plantings should be carried out in a comprehensive manner, including felling renewal, and promoting natural renewal to stimulate root shoot formation.

Timely logging (clearing, clearing, thinning) in vegetative stands helps to maintain the necessary level of their forest condition.

In order to preserve the Robinia growth from being damaged by livestock, it is recommended that the logging areas be fenced using logging waste obtained during logging operations (hmyz, brushwood, pieces of wood).

To protect against possible damage to the seedlings from strong winds, planting of the open area is desirable to encircle shrubs double row yoke of the *Ribes aureum*, *Cotinus coggygria*, *Caragana arborescens*, or with other fast-growing low-growing crops along the boundaries of the area for 2-3 years before the events of reforestation.

References

1. Akatov V. V., Akatova T. V., Shadzhe A. E. *Robinia pseudoacacia* L. in the North Caucasus // Russian journal of biological invasions. 2016. No. 1. P. 2-23.

2. Use Of *Robinia pseudoacacia* (*Robinia pseudoacacia* L.) for afforestation of technogenic disturbed lands / E. I. Treshchevskaya, E. N. Tikhonova, T. A. Malinina, S. V. Navalikhin. 2017. Vol. 7. No. 3(27). P. 151-157.

3. Manaekov A. S. Forest reclamation of arid zone arenas. 2nd edition revised and expanded. Volgograd: Volgograd scientific-research Institute of agroforestry, 2018. 428 p.

4. Manaekov A. S., Kulik A. K. Fixation and afforestation of Sands of the arid zone. Volgograd, 2016. 55 p.
5. Morozova E. V., Iozus A. P., Kryuchkov S. N. Main results of selection of Robinia pseudoacacia in the Lower Volga region // Advances in modern natural science. 2018. No. (12-2). P. 290-295.
6. Experience of forest reclamation of ecosystems of sandy massifs of the Tersk-Kum interfluvium / G. A. Surkhaev, I. G. Surkhaev, K. N. Kulik, G. P. Starodubtseva // Ecosystems. Ecology and dynamics. 2019. Vol. 3. No. 4. P. 5-23.
7. Semeniyutina A. V., Lazarev S. E. Features of growth and development of representatives of the generic complex Robinia L. in the conditions of introduction // Nauka. Thought: an electronic periodical. 2018. Vol. 8. No 3. P. 46-54.
8. Starodubtseva E. A. Coenotic role of Robinia pseudoacacia L. in plant communities of the Voronezh reserve // Diversity of the plant world. 2020. No. 2 (5). P. 14-28.
9. Surkhaev I. G., Surkhaev G. A. Features of formation of vegetative stands of Robinia pseudoacacia on Tersko-Kum Sands // Forest Bulletin. 2018. Vol. 20. No. 6. P. 23-30.
10. Tanyukovich V. V., Zaprivoda M. A. Experience of Using Robinia pseudoacacia (Robinia pseudoacacia L.) in recultivation of Donetsk ridge terrikoniki // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems. 2014. No. 1(13). P. 83-93.
11. Enescu C. M., Danescu A. Black locust (Robinia pseudoacacia L.) – an invasive neophyte in the conventional land reclamation flora in Romania // Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering. 2013. Vol. 6 (55). No. 2. P. 23-30.
12. Syntaxonomy of the Robinia pseudoacacia communities in the central peri-adriatic sector of the Italian peninsula / M. Allegranza, S. Montecchiari, C. Ottaviani, V. Pelliccia, G. Tesi // Plant Biosystems. 2019. Vol. 153. I. 4. P. 616-623.

Authors information

Surkhaev Islam Gasanovich, senior researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12) candidate of agricultural sciences, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>

Surkhaeva Gulnara Magomedovna, researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>

Rybashlykova Ludmila Petrovna, leading researcher of the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-yielding lands of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

Информация об авторах

Сурхаев Ислам Гасанович, старший научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>

Сурхаева Гульнара Магомедовна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

BIOECOLOGICAL POTENTIAL OF WINTER WHEAT VARIETY «CAPITAN» DURING THE AUTUMN-WINTER PERIOD WHEN GROWING ON SLOP LANDS IN AGROFOREST LANDSCAPES OF THE MIDDLE DON

¹A.I. Uzzolin, ²V.P. Voronina, ¹A.V. Kulik

¹ «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd

² Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 01.03.2021

Submitted 11.05.2021

Summary

Bioecological features of winter wheat of the Capitan variety indicate a high adaptive potential in the system of slope agroforests, its cultivation in adaptive landscape agriculture allows to increase the biodiversity and productivity of agricultural land.

Abstract

Introduction. Development of the adaptive landscape farming system allows to intensify agricultural production and grow crops on sloping lands, ensuring not only the agricultural landscapes sustainable development and obtaining stable high yields, but also the soil cover preservation from degradation. Introduction of the new varieties makes it necessary to study their adaptation to their farming conditions on the slope agroforest landscape. **Object.** The study object was the winter wheat crops of the new Capitan variety in the agroforest landscapes system of the Kletsky district of the Volgograd region on slopes with a steepness of up to 2.5°. **Materials and methods.** The observations carried out on experimental fields with normal (02.09) and late sowing dates (21.09), the seeding rate of 4.0 and 4.5 million tons of germinating seeds. The biological potential of the Capitan variety was evaluated in the autumn-winter period on the basis of determining the safety of crops, the degree of plants tillering, their availability of moisture according to generally accepted methods. Accounting area size was 0.3 m², and the repeatability – three times. Statistical analysis was performed in Microsoft Excel software. Features of the moisture accumulation and distribution in the soil in the inter-lane space carried out using Surfer software. **Results and summary.** Experimental fields were located across the slope on the agricultural landscapes of type I and II territory (according to Shabaev A. I., 2014), where plowing is allowed up to 65-70%. A new variety of soft winter wheat Capitan was entered into the State Register in 2016. It has high production qualities, is mid-early ripeness, and is recommended for growing in low-snow winters and unstable moisture. The weather conditions analysis showed that precipitation during the season fell unevenly. Before sowing, the soil moisture in the 0-10 cm layer varied from 5.6 to 11.2 mm of productive moisture, which was sufficient for good seed germination. The total of the air temperatures in the autumn period was 120°C with a norm of 86°C (exceeding 34°C), which provided a good thermal regime of plants. The winter wheat sowings carried out on 02.09 gained 884.0°C, the sowings on 21.09 – 553.3°C of the total of active temperatures, which allowed the majority of individuals to form well-developed spreading plants by the end of the autumn growing season (November 10). During the autumn period, the reserve of productive moisture in the soil layer of 0-30 cm was 19.7-20.7 mm, and in the zone of forest belts influence (0.5 H) 24.7-33.3 mm. When analyzing the degree of tillering and the height of crops, it was found that at the seeding rate of 180 kg/ha (4.0 million germinating seeds) regardless of the sowing time, there is an increase in the height of plants due to the better provision of the plant nutrition area. With an increase in the seeding rate to 200 kg/ha (4.5 million germinating seeds) the percentage of aboveground tillering shoots increases from 2 to 4 pcs. (47.4 – 63.7%), which affects winter the improvement of hardiness of the crop. The safety of seedlings on the crops of the early sowing period (September 2) by the end of autumn was 70-75%, on the late (September 21) 75-80%. The analysis of the total height of shoots on one plant, depending on the tillering degree, revealed stable linear relationships with correlation coefficients of 0.98-0.99, which makes it possible to predict the bioproductivity of plants.

Key words: *winter wheat of the variety «Capitan», bioecology of winter wheat in the autumn-winter period, soil moisture dynamics, slope agroforest landscapes of the Middle Don.*

Citation. Uzolin A.I., Voronina V.P., Kulik A.V. Bioecological potential of winter wheat variety «Capitan» during the autumn-winter period when growing on slop lands in agroforest landscapes of the middle Don. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 196-208 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-21.

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 633.11:631.524.85:630*232.22

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА КАПИТАН В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТАХ СРЕДНЕГО ДОНА

А. И. Узолин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. Разработка системы адаптивно-ландшафтного земледелия позволяет интенсифицировать сельскохозяйственное производство, осуществлять выращивание сельхозкультур на склоновых землях, обеспечивая не только устойчивое развитие агроландшафтов и получение стабильных высоких урожаев, но и сохранение почвенного покрова от деградации. Внедрение новых сортов обуславливает необходимость изучения их адаптации к условиям их выращивания на склоновом агролесоландшафте. **Объект.** Объектом исследования являлись посевы озимой пшеницы нового сорта Капитан в системе агролесоландшафтов Клетского района Волгоградской области на склонах крутизной до 2,5°. **Материалы и методы.** Наблюдения проводились на опытных полях с нормальным (02.09) и поздним сроками сева (21.09), норма высева 4,0 и 4,5 млн всхожих семян. Биологический потенциал сорта Капитан оценивался в осенне-зимний период на основе определения сохранности посевов, степени кущения растений, обеспеченности их влагой по общепринятым методикам, размер учетной площади 0,3 м², повторность – трехкратная. статистический анализ проводился в Excel. особенности накопления и распределения влаги в почве на межполосном пространстве осуществлялся с использованием Surfer. **Результаты и выводы.** Опытные поля располагаются поперек склона на территории агроландшафтов I и II типа (по Шабяеву А. И., 2014), где допускается распаханность до 65-70 %. Новый сорт мягкой озимой пшеницы Капитан внесен в Госреестр в 2016 г. Он обладает высокими продукционными качествами, среднеранний, рекомендуется для выращивания при малоснежных зимах и неустойчивом увлажнении. анализ погодных условий показал, что осадки в течение сезона выпадали неравномерно. Перед посевом влажность почвы в слое 0-10 см варьировала от 5,6 до 11,2 мм продуктивной влаги, что было достаточно для хорошего прорастания семян. Сумма температур воздуха осеннего периода составила 120 °С при норме 86 °С (превышение 34 °С), что обеспечило хороший тепловой режим растений. Посевы озимой пшеницы, проведенные 02.09, набрали 884,0 °С, посевы 21.09 – 553,3 °С суммы активных температур, что позволило к окончанию осенней вегетации (10 ноября) сформировать у большинства особей на всех вариантах опыта хорошо развитые раскустившиеся растения. За период осенней в почвенном слое 0-30 см запас продуктивной влаги составлял 19,7-20,7 мм, а в зоне влияния лесополос (0,5Н) 24,7-33,3 мм. При анализе степени кущения и высоты посевов установлено, что при норме высева семян 180 кг/га (4,0 млн

всхожих семян) независимо от сроков сева происходит увеличение высоты растений из-за лучшей обеспеченности площади питания растений. При увеличении нормы высева до 200 кг/га (4,5 млн всхожих семян) возрастает доля надземных побегов кущения от 2 до 4 шт. (47,4 до 63,7%), что влияет на улучшение зимостойкости культуры. Сохранность всходов на посевах раннего срока сева (2 сентября) к концу осени составляла 70-75 %, на поздних (21 сентября) 75-80 %. Проведенный анализ суммарной высоты побегов на одном растении в зависимости от степени кущения выявил устойчивые линейные связи с коэффициентами корреляции 0,98-0,99, позволяющем прогнозировать биопродуктивность растений.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, Капитан, биоэкология озимой пшеницы, динамика влажности почвы, склоновые агролесоландшафты, Средний Дон.

Цитирование. Узолин А. И., Воронина В. П., Кулик А. В. Биоэкологический потенциал озимой пшеницы сорта Капитан в осенне-зимний период при выращивании на склоновых землях в агролесоландшафтах Среднего Дона. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 196-208. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-21.

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. Применяемые зональные системы земледелия до конца прошлого века не рассматривались как единое целое явление природно-хозяйственной деятельности. Однако интенсификация земледелия в условиях рыночных отношений потребовала более глубокой адаптации к ландшафтным и природно-климатическим условиям, особенно при использовании новых сортов и агротехнологий. Разработанная Кирюшиным В. И. и Ивановым А. Л. (2005) методология адаптивно-ландшафтного земледелия позволила совместить природно-ресурсный потенциал агроландшафта и современные агротехнологии, что существенно расширило возможности использования современной техники и интенсивных сортов сельскохозяйственных культур, позволило не только увеличить продуктивность выращиваемых растений, но и сохранить почвенное плодородие.

Интенсификация агротехнологий выращивания зерновых культур на адаптивно-ландшафтной основе позволяет вовлечь в сельскохозяйственное производство мало-пригодные склоновые земли, которые имеют надежную защиту от эрозии почвы. При этом важно создать высокое биоразнообразие агроэкосистем и здоровую фитопатологическую обстановку в агроценозах.

Волгоградская область – один из крупнейших регионов производства озимой пшеницы. По данным [14], площадь под посевами озимой пшеницы с 2015 г. возросла в 2 раза и в 2020 гг. составила 1528 тыс. га, средняя урожайность за 2015-2019 гг. – 2,64 т/га. Выращивание различных сортов сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы, позволяет сформировать необходимое (потенциально возможное) биоразнообразие в пределах агроэкосистемы, так как каждый сорт адаптирован не только к почвенно-климатическим условиям, но и к биотическому воздействию [3, 9, 13, 19-22]. То есть в конечном итоге формируется достаточно устойчивая биотическая среда, требующая минимального антропогенного воздействия.

На склоновых землях наиболее остро могут проявляться негативные условия, связанные с осенним развитием растений до момента зимнего покоя (влажность почвы, достаточное количество тепла), а также сохранность посевов в зимний период, зависящая от биоэкологических особенностей растений (морозостойкость, степень кущения) и погодных условий, приводящих к образованию ледяной корки, отсутствию снежного покрова.

Целью исследований являлось выявление биозкологических особенностей озимой пшеницы нового сорта Капитан к концу осенней вегетации в посевах с разной нормой высева и сроках посева семян на склоновых землях агролесоландшафта.

Интенсивность кущения зависит от ряда внешних факторов: длины светового дня, температуры воздуха, обеспеченности элементами питания, густоты стояния и глубины заделки семян. Формирование у озимой пшеницы хорошо развитых побегов происходит в случае набора суммы активных температур за период осенней вегетации – 400-600°C (Иванов В.М., 2005). Оптимальным считается формирование растением озимой пшеницы в осенний период трех-шести хорошо развитых побегов. Это очень важный показатель, используя который, агроном может оценить правильность выбранной агротехнологии и сорта.

Большинство ученых считает, что как чересчур ранние, так и поздние посевы приводят к недобору урожая. При ранних сроках посева отмечается пониженная всхожесть семян, растения могут обильно куститься и перерастать, неэффективно используют влагу и питательные вещества, повреждаются вредителями и болезнями, особенно в годы с продолжительной, теплой и дождливой осенью. Также они обладают слабой морозо- и зимостойкостью из-за глубокого залегания корневой системы в незамерзшей почве. В период налива зерна такие посевы сильнее подвергаются влиянию почвенной и воздушной засухам. Поздние посевы из-за ограниченности периода осенней вегетации не успевают раскуститься, пройти закалку и уходят в зиму ослабленными, что иногда приводит к их гибели. Растения в таких посевах отстают в развитии, обладают слабой морозостойкостью, потому что корни находятся в верхнем слое почвы и при наступлении оттепелей быстро выходят из состояния покоя, а в период активной вегетации сильнее страдают от суховея [6].

В результате научных исследований сформировалась общепринятая точка зрения в отношении оптимальных сроков сева озимых для различных зон Волгоградской области. По Иванову В.М. (2005), оптимальными сроками сева в условиях Клетского района Волгоградской области, принадлежащего к сухостепной зоне темно-каштановых почв, является период с 31 августа по 10 сентября. По данным исследований посев озимых после 12-15 сентября нежелателен, так как снижается их урожайность [17]. На практике часто допускаются отклонения в принятых сроках посева, что может быть обусловлено более продолжительной и теплой осенью, когда погодные условия благоприятствуют росту и развитию растений, впоследствии не приводя к снижению продуктивности озимых культур [2, 4].

Материалы и методы. Поля с опытными посевами располагались на территории Клетского района Волгоградской области. Абсолютные высотные отметки изменяются от 105 до 114 м. Базис эрозии составляет 9 м. Средняя крутизна склонов 1,49°, максимальная – 2,54°. Поля со всех сторон находятся под лесомелиоративной защитой [8]. Ширина межполосных пространств небольшая – 80-100 м, что препятствует потерям зимних осадков в результате снегопереноса. Почвенный покров представлен темно-каштановыми почвами средней степени смытости.

На полях осенью 2020 г. заложены четыре варианта опыта с нормальными и поздними сроками сева:

- нормальный 2 сентября: I поле – площадь 1,0 га, норма высева 180 кг/га 4 млн всхожих семян; III поле – 1,9 га, 200 кг/га – 4,5 млн всхожих семян;
- поздний 21 сентября: II поле – площадь 0,6 га, норма высева 180 кг/га - 4 млн всхожих семян; IV поле – 1,0 га, 200 кг/га – 4,5 млн всхожих семян.

Подготовку почвы под озимую пшеницу проводили по системе черного пара. Посев сплошной рядовой с расстоянием между рядами 15 см. Глубина заделки семян – 6-7 см. При подготовке к севу оценена жизнеспособность семян сорта Капитан: энергия прорастания составляла 79 %, всхожесть – 92 %. Поражение грибом не зафиксировано. Масса 1000 зерен – 40,8 г.

При определении биологического потенциала озимой пшеницы применялись общепринятые методы по оценке качества семенного материала [5], анализу состояния посевов (размер учетной площади 0,3 м², повторность – трехкратная) (Филин В. И., 1994). Исследования выполнены в соответствии с методиками полевого опыта П. Н. Константинова (1963) и Б. А. Доспехова (2014).

Влажность почвы изучалась буровым методом в третьей декаде августа перед посевом и в конце ноября, перед уходом растений в зиму. Отбор проб почвы проводился в 3-кратной повторности по профилям: на расстоянии 0,5Н от лесополос и в середине межполосного пространства через каждые 10 см до глубины 1,0 м. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом. Статистический анализ первичных данных и построение графиков осуществлялись с использованием программ Excel и Surfer.

Результаты и обсуждение. По классификации Шабаева А. И. [18] территория полей принадлежит к первому и второму типу агроландшафтов Поволжья. Агроландшафты I типа – это полевые севообороты, располагающиеся на ландшафтах с равнинным типом местности, где допускается распаханность 65-70 %, для II типа характерно снижение распаханности до 65 %, так как здесь формируются ландшафты с поперечно-прямыми профилями склонов. То есть данная территория является пилотным объектом по отработке систем адаптивно-ландшафтного земледелия с применением нового сорта озимой пшеницы Капитан.

Поля располагаются поперек склона, по периметру защищены лесными полосами плотной конструкции, что препятствует потере снега в межполосном пространстве и способствует сохранению растений в осенне-зимний период и накоплению продуктивной влаги для хорошего роста растений в период активной вегетации [8].

Новый среднеранний сорт мягкой озимой пшеницы Капитан внесен в Госреестр в 2016 г. Он создан методом межсортной гибридизации, где исходными формами являлись сорта Ермак и Федоровка. Относится к среднеранним сортам. Высота растений до 100 см. Основными достоинствами являются: высокая устойчивость к полеганию, морозо- и засухоустойчивость, мало поражается грибными заболеваниями. Сорт Капитан рекомендуют выращивать в зонах с неустойчивым увлажнением и малоснежными зимами на высоком и среднем агрофоне в Нижневолжском регионе РФ. Перспективность его выращивания доказана в Республике Калмыкия, где в 2014 г. максимальная урожайность составила 7,16 т/га, а в Волгоградской области за последние 3 года испытания на Еланском ГСУ получена самая высокая урожайность в 2017 году – 63,0 ц/га.

В описании сорта указано, что норма высева семян составляет 4,5-5,0 млн всхожих зерен на 1 га [10]. Минимальные температуры для прорастания семян +1-2 °С, фотосинтеза – +3 °С, ростовых процессов – +5 °С. Под слоем снега 12-15 см она выдерживает морозы до -30 °С. Оптимальная температура для осенней вегетации составляет +10-15 °С [4].

В результате анализа погодных условий установлено, что осадки в пределах изучаемого агроландшафта выпадали неравномерно (рисунок 1). В целом за период с сентября 2019 г. (начала подготовки почвы по системе черного пара) и до посева в сентябре 2020 г. отмечался дефицит влаги от 4 до 39 мм по сравнению с ежемесячной нормой. Превышение среднееголетних показателей отмечается в феврале на 50 и мае 38 мм. Июнь в 2020 г. был крайне засушливым, так как выпало 7 мм.

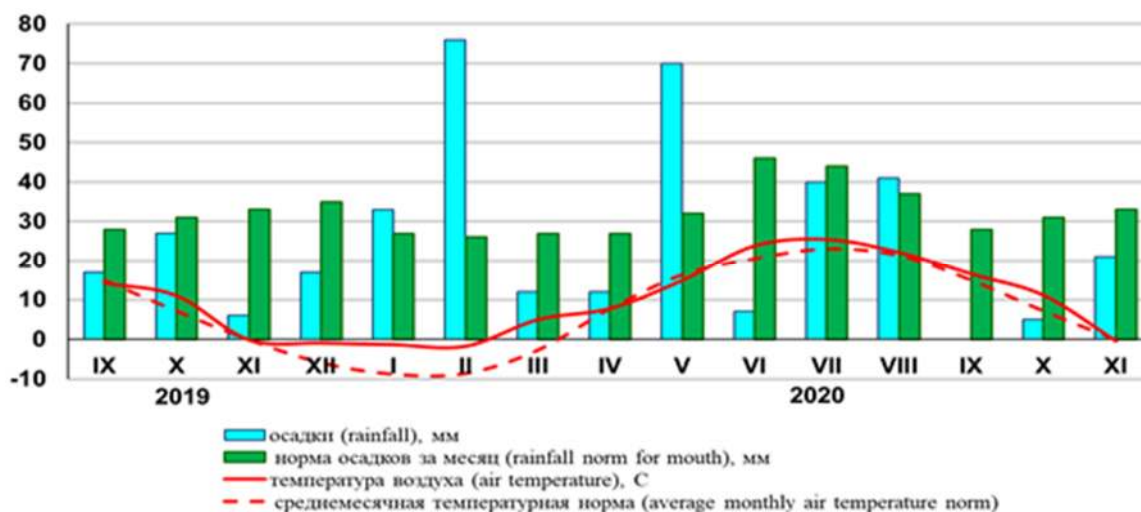


Рисунок 1 – Динамика температуры воздуха и осадков

Figure 1 – Dynamics of air temperature and precipitation

Перед посевом пшеницы осенний период характеризовался недостаточным увлажнением. В сентябре осадки отсутствовали, в октябре их выпало на 28 мм меньше нормы, в ноябре – на 12 мм. Температурный режим изучаемого периода по сравнению со среднемесячными нормами был теплее. Сумма температур воздуха осеннего периода составила 120 °С при норме 86 °С (превышение 34 °С), что увеличивало непродуктивные потери влаги из-за повышенного физического испарения. После посева гидротермический режим погодных условий сохранялся.

В 2020 г. осенняя вегетация озимой пшеницы закончилась в конце первой декады ноября. Снижение среднесуточной температуры ниже +5 °С зафиксировано 10 ноября. Возврата тепла не наблюдалось. С момента сева 2 сентября до окончания вегетации посева набрали 884,0 °С активных температур, а с сева 21 сентября – 553,3 °С. При обоих сроках сева накопленной суммы активных температур достаточно для хорошего развития растений. Так как в сентябре осадков не было, то посева обоих сроков до окончания осенней вегетации получили одинаковое количество атмосферной влаги – 26 мм.

При интенсивных агротехнологиях выращивания озимой пшеницы накопление достаточного количества влаги в период основной подготовки почвы в аридных зонах является важнейшим условием получения хорошего урожая [16]. По наблюдениям исследователей [7, 12], стартовые запасы продуктивной влаги в посевном слое по годам могут значительно различаться и быть в период сева в слое почвы 0,0-0,1 м ниже минимального запаса продуктивной влаги (6-7 мм). При этом посев проводят в сухую почву, а получение всходов и развитие растений в осенний период, в основном определяют осенние осадки. Нижним пределом влажности, при котором прекращается потребление растениями воды из почвы, является влажность завядания, составляющая 6-16 % воды от абсолютно сухой массы почвы [12]. В фазе прорастания зерна необходимо иметь в верхнем слое 0-10 см почвы не менее 10 мм продуктивной влаги, а для нормального осеннего кущения в слое 0-20 см – не менее 30 мм (Левкин В. Н., 2007).

На опытных посевах влажность почвы определялась в третьей декаде августа перед посевом и осенью перед уходом всходов в зиму. На летнее накопление влаги повлияли сложившиеся гидротермические условия. Неблагоприятный режим увлажнения и температуры (рисунок 2) привел к пересушиванию пахотного слоя почвы, местами до влажности завядания.

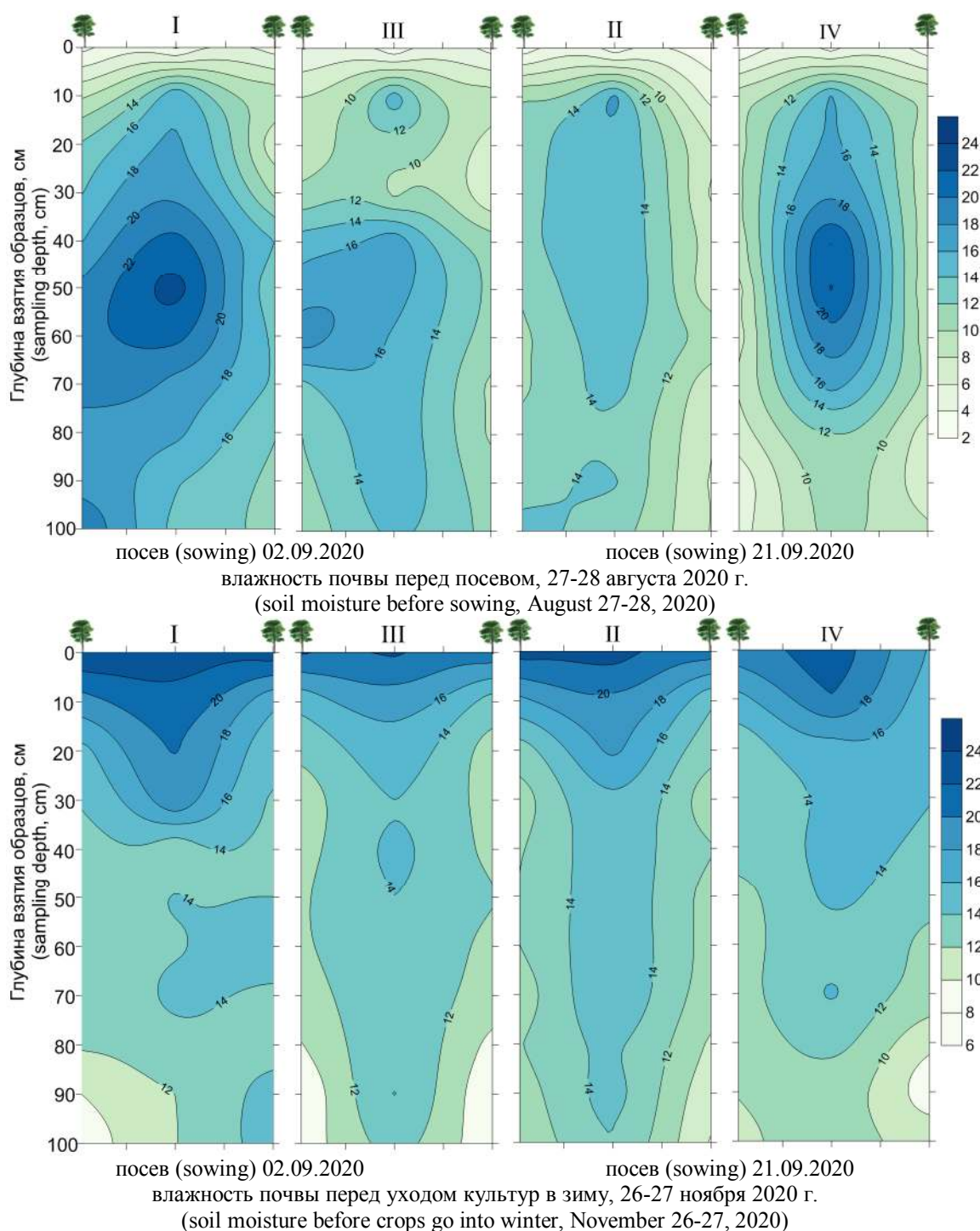


Рисунок 2 – Профиль и динамика влажности почвы в агролесоландшафте, %

Figure 2 – Soil moisture profile and dynamics in agroforestry landscapes, %

Мезоландшафтный анализ распределения влажности почвы показал, что в системе агролесоландшафтов отмечается её накопление по всему профилю. Наиболее существенное аккумулялирование влаги выявлено с глубины 10 см и в межполосном пространстве, за пределами распространения корней деревьев. Под лесонасаждениями происходит снижение продуктивной влаги, так как она используется древесными растениями для жизнедеятельности.

В целом в конце лета влажность почвы перед посевом в слое 0-10 см на поле I на межполосном пространстве составляла 10,8 % (или 11,2 мм продуктивной влаги), на II поле – 9,6 % (9,6 мм), III поле – 8,8 % (5,6 мм), IV поле – 9,7 % (9,7 мм). По данным многочисленных исследований [7, 12], прорастание зерна озимой пшеницы может начинаться при содержании в пахотном слое почвы не менее 5 мм продуктивной влаги. Глубина заделки семян при севе составляла 6-7 см, поэтому имеющейся влаги было достаточно для прорастания семян пшеницы.

Наблюдения за влажностью почвы в агролесоландшафте в конце осени перед началом зимовки зерновых культур проведены 26-27 ноября. Установлено, что выпавшие осадки за период от посева до осеннего контроля всхожести составили 26 мм. Они способствовали увлажнению верхнего 0-30 см слоя почвы.

При определении доступной влаги для озимой пшеницы в конце ноября установлено, что её прибавка в основном отмечается в слое 0-30 см. На полях I и III количество влаги в зоне 0,5Н изменяются от 24,7 мм до 33,3 мм, а в центре поля – от 19,7 до 20,7 мм. На II поле отмечается снижение прибавки продуктивной влаги в зоне 0,5Н у одной из лесополос до 18,7 мм. На IV поле прибавка всего 10,7 мм, что объясняется более высокой изначальной влажностью почвы перед посевом на этом участке.

От особенностей сорта и условий выращивания зависит устойчивость озимой пшеницы (зимостойкость) к неблагоприятным зимним условиям: сильным морозам, частым оттепелям, появлению ледяной корки и т.д. Многими исследователями установлено, что хорошей морозоустойчивостью обладают те растения, которые успели хорошо раскуститься и образовать 2-4 побега. На кустистость растений отрицательно влияет недостаток воды в почве в период кущения [4].

На основе оптимальных биоэкологических параметров кущения озимой пшеницы проводился анализ состояния посевов и отдельных особей. На каждом опытном поле по приведенной выше методике были отобраны образцы растений для определения высоты и степени кущения всходов с целью определения подготовки культур к зимовке.

На полях I и II независимо от срока сева при норме высева 180 кг/га высота всходов озимой пшеницы при их группировании по степени кущения к концу осенней вегетации изменялась от 18 до 22 см и от 13 до 18 см, соответственно (рисунок 3). Увеличение нормы высева семян на 20 кг/га привело к уменьшению высоты растений по группам кущения. Это связано с увеличением конкурентности между отдельными растениями в ряду за продуктивную влагу. Однако при такой густоте сохраняется способность растений хорошо куститься и формировать жизнеспособные особи, обладающие всеми признаками зимостойкости.

Следует отметить, что биоэкологической особенностью озимой пшеницы является формирование осенью побегов кущения, когда закладывается габитус будущего продуктивного растения. Ранее отмечалось, что для формирования морозостойких посевов озимой пшеницы требуется 400-600 °С суммы активных температур за период осенней вегетации, чтобы сформировалась особь с 2-4 побегами кустистости [11], а состояние посевов будет считаться оптимальным. Снижение основных продукционных параметров растения в 2 раза приводит к неудовлетворительному состоянию посевов. При коэффициенте общего кущения озимой пшеницы 3,3 побега на растение на светло-каштановых почвах Волгоградской области рекомендуется применение биопрепаратов, повышающих зимостойкость посевов [1, 15].

Параметры посевов озимой пшеницы сорта Капитан и их качественное состояние оценивалось по степени кущения растений (рисунок 4). Выращивание озимой пшеницы в системе агролесоландшафтов происходит в более комфортных гидротермических условиях, так как под влиянием лесных полос происходит улучшение микроклимата межполосного пространства, и использование стимуляторов для активизации кущения не требуется.

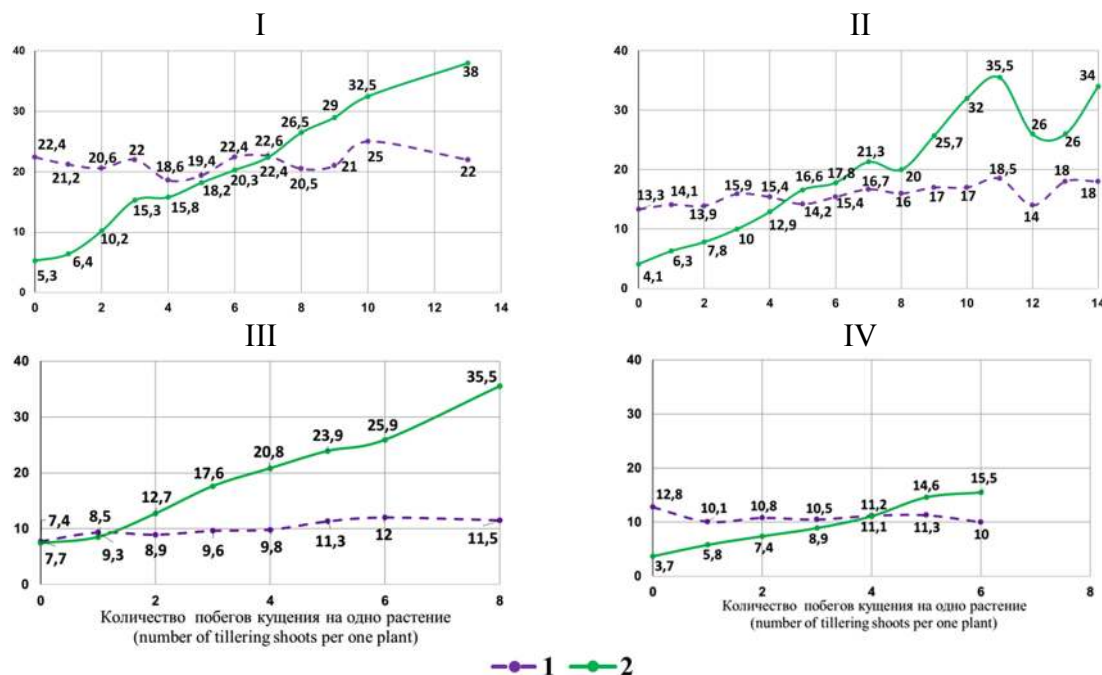


Рисунок 3 – Особенности формирования посевов озимой пшеницы сорта Капитан в агролесоландшафтах:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн; посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн
1 – средняя высота растений, 2 – среднее количество листьев на одном растении.

Figure 3 – Peculiarities of sowing of winter wheat variety Captain in agroforestry landscapes: sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds, Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million
1 - average plant height, 2 - average number of leaves per plant.

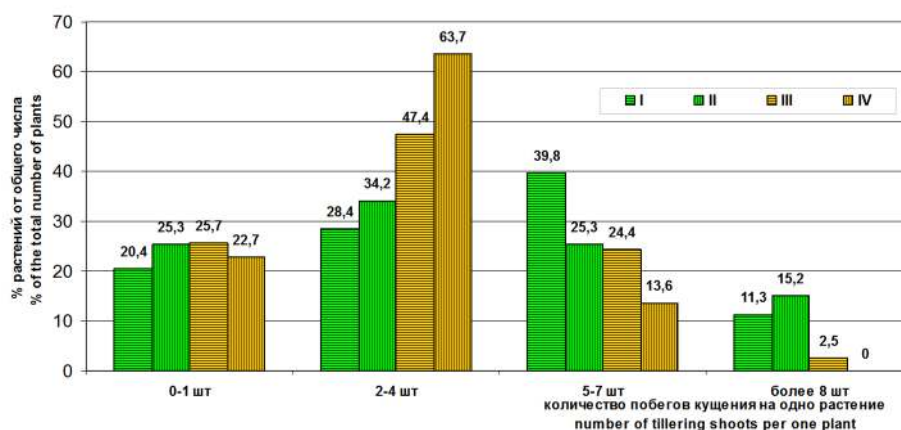


Рисунок 4 – Биэкологическая оценка степени кущения озимой пшеницы сорта Капитан перед зимним покоем:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн; посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн

Figure 4 – Biocological assessment of tillering of winter wheat of the Captain variety before winter dormancy: sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds, Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million

Анализируя количество побегов кущения, от которых зависит не только будущая продуктивность, но и зимостойкость растений, выявили, что при норме высева 180 кг/га кущение может достигать 14 шт. надземных побегов, а при 200 кг/га – до 6-8 шт. на растении. То есть, увеличивая норму высева до 4,5 млн всхожих семян, мы добиваемся в структуре посевов доли морозостойких растений до 47,4-63,7 %. При норме высева 4,0 млн всхожих семян количество растений с оптимальным количеством побегов кущения уменьшается и составляет 28,4-34,2 % (рисунок 4). В целом установлено, что при увеличении нормы высева семян морозостойкость посевов будет увеличиваться при условии благоприятных погодных условий зимнего периода.

Сохранность всходов на посевах раннего срока сева (2 сентября) к концу осени составляла 70-75 %, на поздних (21 сентября) – 75-80 %.

При изучении состояния корневой системы озимой пшеницы установлено, что к концу осенней вегетации основная масса корней располагалась в слое 0-10 см и не зависела от сроков высева семян.

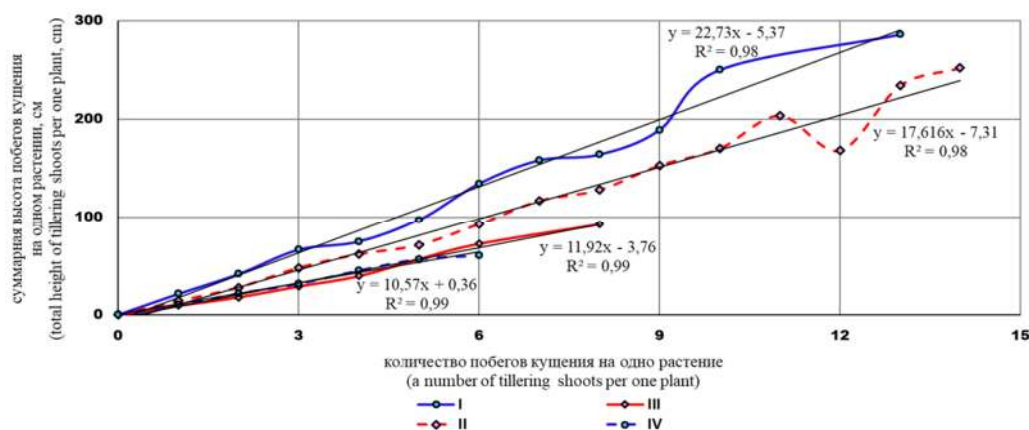


Рисунок 5 – Влияние степени кущения озимой пшеницы сорта Капитан на формирование высоты побегов:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн;
посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн

Figure 5 – The influence of the degree of tillering of winter wheat of the Capitan variety on the formation of the height of shoots:

sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds,
Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million

Проведен анализ суммарной высоты побегов на одном растении в зависимости от степени кущения (рисунок 5). При этом отмечаются устойчивые линейные связи с коэффициентами корреляции 0,98-0,99, то есть чем выше степень кущения, тем больше листьев и биопродуктивность растений. Вероятно, суммарную высоту побегов кущения на растении можно рассматривать в качестве интегрированного показателя успешности развития растения и его потенциальной морозостойкости и сохранности. При проведении дальнейших исследований планируется проанализировать связь между формированием высоты побега и биологической продуктивностью растений.

Выводы. Полезащитные лесные полосы являются основой адаптивно-ландшафтного земледелия на склоновых землях. Анализ накопления продуктивной влаги в агролесоландшафтах показал перспективность выращивания новых сортов озимой пшеницы, так как влажность почвы в корнеобитаемом слое активно накапливается, а в слое 0-30 см возрастает на 10,7-33,3 мм. Посев озимой пшеницы сорта Капитан в

системе агролесоландшафтов может проводиться по рекомендованным срокам и интенсивным технологиям с нормой высева 4,0-4,5 млн всхожих семян, что обеспечивает хорошую выравненность растений по высоте, оптимальное кущение – 3-7 шт./растение и обеспечивает их морозостойкость до 60-77 %.

Библиографический список

1. Агафонов А. К. Совершенствование приемов возделывания озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореф. дис. кандидата с.-х. наук: 06.01.09. Саратов, 2015. 22 с.
2. Балашов В. В., Левкин В. Н., Левкина К. В. Предельно допустимые сроки посева озимой мягкой и твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 95-98.
3. Беляков А. М. Методы исследования и оценка состояния агроландшафтов сухостепной зоны Волгоградской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 100-106.
4. Биологические особенности выращивания пшеницы озимой // <https://news.myseldon.com/ru/news/index/231498266>.
5. Боме Н. А. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Биологические свойства семян и устойчивость растений к стресс-факторам. Тюмень: изд-во ТГУ, 2017. Ч. I. 48 с.
6. Изучение сортов озимой мягкой пшеницы по морозостойкости, продуктивности и качеству зерна / М. М. Иванисов [и др.] // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 32-41.
7. Ионова Е. В., Газе В. Л., Лиховидова В. А. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1 (67). С. 23-27.
8. Кулик А. В., Воронина В. П., Узолин А. И. Опыт формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона с целью повышения продуктивности агроэкосистем // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3. С. 142-152.
9. Набойченко К. В., Молчанов В. Н., Малахова А. А. Сорта озимой пшеницы волгоградской селекции в засушливых условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 39-45.
10. Озимая мягкая пшеница Капитан. <http://vniizk.ru/index.php>.
11. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны (методика) / П. В. Дацюк [и др.]. Рязань, 2007. 38 с. https://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/d42/oc_sos_posev.pdf.
12. Сапунков В. Л. Состояние посевов на момент окончания вегетации // Фермер. 2017. № 2. С. 34-42.
13. Солонкин А. В., Сапунков В. Л., Гузенко А. В. Результаты испытания сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 64-70.
14. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области // Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство <https://volgastat.gks.ru/agriculture?print=1>.
15. Тихонов Н. И. Экологические испытания сортов озимой мягкой пшеницы в условиях степной зоны черноземных почв Волгоградской области // Фермер. 2015. № 5. С. 28-32.
16. Тихонов Н. И., Махамаев И. С. Технология возделывания озимой пшеницы в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. 188 с.
17. Филин В., Рузанов А. Продуктивность сортов озимой пшеницы при разных сроках посева в степной зоне черноземных почв Волгоградской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2010. № 1. С. 54-55.

18. Шаббаев А. И., Жолинский Н. М., Цветков М. С. Конструирование агроландшафтов и агроэкологический регламент адаптивных систем земледелия в Поволжье // Земледелие. 2014. № 2. С. 7-10.

19. Effects of different sowing time to phenology and yield of winter wheat / M. Klepeckas [et al.] // Agricultural and Food Science. 2020. V. 29 (4).

20. Pap N., Pap J., Schmidt R. Stand evaluation, crop estimation and yield analysis of winter wheat for the optimization of yields // Acta agraria debreceniensis. 2019. № 1. P. 103-109.

21. Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies / L. M. Bastos [et al.] // Frontiers in plant science. 2020. Vol. 11.

22. Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient / Z. Gaile [et al.] // Agronomy Research. 2017. V. 15 (1). P. 79-93.

Conclusion. Protective forest strips are the basis of adaptive landscape agriculture on sloping lands. The analysis of the productive moisture accumulation in agroforest landscapes showed the prospects of growing new varieties of winter wheat, since the soil moisture in the root layer is actively accumulated, and in the layer of 0-30 cm increases by 10.7-33.3 mm. Sowing of winter wheat of the Capitan variety in the agroforest landscapes system can be carried out according to the recommended terms and intensive technologies with a seeding rate of 4.0-4.5 million germinating seeds, which ensures good plant alignment in height, optimal tillering of 3-7 pieces/plant and frost resistance of plants-60-77 %.

References

1. Agafonov A. K. Sovershenstvovanie priemov vozdeleyvaniya ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya: avtoref. dis. kandidata s.-h. nauk: 06.01.09. Saratov, 2015. 22 p.

2. Balashov V. V., Levkin V. N., Levkina K. V. Predel'no dopustimye sroki poseva ozimoy myagkoj i tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 4 (44). P. 95-98.

3. Belyakov A. M. Metody issledovaniya i ocenka sostoyaniya agrolandshaftov suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2018. T. 4 (70). № 3. P. 100-106.

4. Biologicheskie osobennosti vyrashivaniya pshenicy ozimoy // <https://news.myseldon.com/ru/news/index/231498266>.

5. Bome N. A. Sovremennye tehnologii izucheniya i sohraneniya geneticheskikh re-surov. Biologicheskie svoystva semyan i ustojchivost' rastenij k stress-faktoram. Tyumen': izd-vo TGU, 2017. Ch. I. 48 p.

6. Izuchenie sortov ozimoy myagkoj pshenicy po morozostojkosti, produktivnosti i kachestvu zerna / M. M. Ivanisov [i dr.] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 4(16). P. 32-41.

7. Ionova E. V., Gaze V. L., Lihovidova V. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i dinamika nakopleniya suhoj massy rastenij ozimoy myagkoj pshenicy v zavisimosti ot uslovij vyrashivaniya // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 1 (67). P. 23-27.

8. Kulik A. V., Voronina V. P., Uzolin A. I. Opyt formirovaniya agrolesomeliorativnoj sistemy na pravom beregu Srednego Dona s cel'yu povysheniya produktivnosti agro]kosistem // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3. P. 142-152.

9. Nabojchenko K. V., Molchanov V. N., Malahova A. A. Sorta ozimoy pshenicy volgogradskoj selekcii v zasushlivykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 3 (31). P. 39-45.

10. Ozimaya myagkaya pshenica Kapitan. <http://vniizk.ru/index.php>.

11. Ocenka sostoyaniya posevov ozimoy pshenicy po fazam vegetacii v usloviyakh Central'nogo rajona Nechernozemnoj zony (metodika) / P. V. Dacyuk [i dr.]. Ryazan', 2007. 38 p. https://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/d42/oc_sos_posev.pdf.

12. Sapunkov V. L. Sostoyanie posevov na moment okonchaniya vegetacii // *Fermer*. 2017. № 2. P. 34-42.
13. Solonkin A. V., Sapunkov V. L., Guzenko A. V. Rezul'taty ispytaniya sortov ozimoy pshenicyna svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. 2020. № 4 (111). P. 64-70.
14. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Volgogradskoj oblasti // *Sel'skoe hozyajstvo, ohta i lesnoe hozyajstvo* <https://volgastat.gks.ru/agriculture?print=1>.
15. Tihonov N. I. Jekologicheskie ispytaniya sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah stepnoj zony chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // *Fermer*. 2015. № 5. P. 28-32.
16. Tihonov N. I., Mahamaev I. S. Tehnologiya vzdelyvaniya ozimoy pshenicy v polupustynnoj zone svetlo-kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2014. 188 p.
17. Filin V., Ruzanov A. Produktivnost' sortov ozimoy pshenicy pri raznyh srokah poseva v stepnoj zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2010. № 1. P. 54-55.
18. Shabaev A. I., Zholinskij N. M., Cvetkov M. S. Konstruirovaniye agroland-shaftov i agrojekologicheskij reglament adaptivnyh sistem zemledeliya v Povolzh'e // *Zemledelie*. 2014. № 2. P. 7-10.
19. Effects of different sowing time to phenology and yield of winter wheat / M. Klepeckas [et al.] // *Agricultural and Food Science*. 2020. V. 29 (4).
20. Pap N., Pap J., Schmidt R. Stand evaluation, crop estimation and yield analysis of winter wheat for the optimization of yields // *Acta agraria debreceniensis*. 2019. № 1. P. 103-109.
21. Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies / L. M. Bastos [et al.] // *Frontiers in plant science*. 2020. Vol. 11.
22. Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient / Z. Gaile [et al.] // *Agronomy Research*. 2017. V. 15 (1). P. 79-93.

Authors Information

Uzolin Aleksey Ivanovich, leading researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 403560 Volgograd region, Kletskaya vil., Dymchenko st., 15), candidate of agricultural sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-6894>. **E-mail:** s.erozii@yandex.ru.

Voronina Valentina Pavlovna, professor of the Department of «Agroecology and forest reclamation of landscapes» of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26), doctor of agricultural Sciences.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>. **E-mail:** v.p.voronina@mail.ru.

Kulik Anastasia Vladimirovna, senior researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitskiy, 97), candidate of agricultural sciences. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>. **E-mail:** kulik-a@vfanc.ru.

Информация об авторах

Узолин Алексей Иванович, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 403560 Волгоградская обл., ст. Клетская, ул. Дымченко, д. 15), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-6894>. **E-mail:** s.erozii@yandex.ru.

Воронина Валентина Павловна, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>. **E-mail:** v.p.voronina@mail.ru.

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>. **E-mail:** kulik-a@vfanc.ru.

AGROCHEMICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE USE MINERAL FERTILIZERZ APPLICATION AND RIZOTORFIN ON THE SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS UNDER IRRIGATION CONDITIONS

O. G. Shabaldas¹, K. I. Pimonov², A. N. Yesaulko¹,
V. V. Borodychev³, S. S. Vaitsekhovskaya¹

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Stavropol State Agrarian University», Stavropol*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University», Rostov*

³*Volgograd Branch of the All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering
and Land Reclamation, Volgograd*

Received 11.01.2021

Submitted 20.05.2021

Summary

The results of research on the use of mineral fertilizers and biological products in the cultivation of soybean varieties belonging to different groups of ripeness under irrigation in the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory are presented. On ordinary chernozem, a positive effect was obtained from the combination of the introduction of ammophos under the main treatment at a dose of $N_{24}P_{104}$ and inoculation of seeds with rhizotorphin in the cultivation of precocious, early-maturing and medium-maturing soybean varieties.

Abstract

Introduction. In recent years, in the whole world, including in the Russian Federation, there has been an increased demand in the field of soybean grain production due to the fact that this crop is one of the leading sources of vegetable protein and fat, which serve as raw materials for the food, feed and processing industries. Soy is grown in more than 60 countries around the world. In Russia, 4.6 million tons were harvested in 2019, which secured the 8th place among the countries of the world that grow this crop. The growth of the gross soybean grain harvest is currently mainly due to an increase in the area of its sowing, over the past 10 years, its average annual growth is 13.4%, the yield on average in the country remains quite low-1.57 t/ha. In this regard, it is possible to ensure a stable yield of high-quality soybean grain by improving the elements of cultivation technology, and, in particular, optimizing mineral nutrition in irrigation conditions. In the Stavropol Territory, the possibility of optimizing mineral nutrition with macronutrients (N, P, K) through the use of mineral fertilizers in the cultivation of soybean varieties of different maturity groups has not been studied. The purpose of the research is to increase the yield and quality of grain by applying mineral fertilizers and biological products in the cultivation of soybean varieties belonging to different groups of ripeness. **Material and methods.** The research was carried out in 2008-2010 on ordinary chernozem in the zone of unstable moistening of the Stavropol Territory. The objects of research were doses of mineral fertilizers and a biological product (rizotorfin), soybean varieties of various maturity groups. When conducting field and laboratory studies, the yield and quality of grain were determined, and the economic efficiency of the studied agricultural practices was calculated. Harvesting of soybean grain was carried out with a Sampo 500 combine harvester. The field and laboratory studies were carried out in accordance with the generally accepted methods: B. A. Dospekhov (1985), F. A. Yudin (1980), V. N. Pleshakov (1983). To determine the content of protein and vegetable fat in soy grain, a nuclear magnetic analyzer AMB-1006 M and an IR analyzer MATRIX-I were used. The economic efficiency of the studied agricultural practices is calculated using technological maps for the cultivation of agricultural crops. **Results and discussion.** Studies conducted in the conditions of field experience, in the zone of unstable moisture during irrigation, showed that a significant increase in grain yield was obtained when growing soybean varieties of different maturity groups, on variants with the introduction of ammophos for the main tillage in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ -0.13 - 0.26, and when combined with the introduction of ammophos for the main tillage in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ and inoculation of seeds with rhizotorphin, it was the greatest-0.19 – 0.33 t/ha. The use of the biological preparation allowed to increase the protein content in the grain by 0.5 – 0.8%. Early-and

mid-ripened soybean varieties responded positively to the use of ammophos in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ in combination with inoculation of seeds with rhizotorphin, the protein content increased by 0.7 - 1.3%. The applied agricultural methods did not affect the content of vegetable fat in soybean grain. The maximum grain yield of 2.74 t/ha, as well as the collection of protein - 0.92 t/ha and vegetable fat – 0.54 t/ha were obtained with the combined use of ammophos at a dose of $N_{24}P_{104}$ and rhizotorphin on the variant with the cultivation of the medium-ripe soybean variety Select 302. The use of ammophos in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ for basic tillage, both independently and in combination with a bacterial preparation, is economically justified. The best economic indicators were obtained on the variant with the cultivation of the Selecta 302 variety and the introduction of ammophos at a dose of $N_{12}P_{52}$ in combination with inoculation before sowing seeds with rhizotorphin, the profitability was 68.8%. **Conclusions.** In the conditions of the zone of unstable moisture on ordinary chernozem, a positive effect was obtained from the combination of the introduction of ammophos under the main treatment in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ and inoculation of seeds with rhizotorphin when growing precocious, early-ripening and medium-ripening soybean varieties under irrigation. The highest yield of 2.74 t/ha was obtained when applying ammophos at a dose of $N_{24}P_{104}$ and treating seeds with rhizotorphin, when growing the medium-ripe variety Selecta 302. The best economic effect - 68.8% - was obtained when cultivating the Selecta 302 variety with the introduction of ammophos at a dose of $N_{12}P_{52}$ and inoculation of seeds with rhizotorphin.

Key words: soybean crop, fertilizer, bacterial preparation, variety, ripeness group, yield, protein, vegetable fat, economic assessment.

Citation. Shabalda O. G., Pimonov K. I., Esaulko A. N., Borodychev V. V., Vaytsekhovskaya S. S. Agrochemical and economic assessment of the use of mineral fertilizers and rizotorfin on the soybean varieties of different ripeness groups under irrigation conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 209-222 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-22.

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 633.34:631.8:631.445.41:338.43

АГРОХИМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РИЗОТОРФИНА НА СОРТАХ СОИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

О.Г. Шабалда¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

К.И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.Н. Есаулко¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН

В.В. Бородычев³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

С.С. Вайцеховская¹, кандидат экономических наук, доцент

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский,
Ростовская область, Россия

³Волгоградский филиал Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации имени
А.Н. Костякова, г. Волгоград, Россия

Received 11.01.2021

Submitted 20.05.2021

Актуальность. В последние годы в целом в мире, в том числе и в Российской Федерации, отмечается повышенный спрос в области производства зерна сои в связи с тем, что эта культура является одним из ведущих источников растительного белка и жира, которые служат сырьем для пищевой, кормовой и перерабатывающей промышленности. Соя выращивается более чем в 60

странах мира. В России в 2019 году было собрано 4,6 млн тонн, что обеспечило 8 место среди стран мира, выращивающих эту культуру. Рост валового сбора зерна сои происходит в настоящее время в основном за счет увеличения площади ее посева. За последние 10 лет среднегодовой ее рост составляет 13,4%, урожайность в среднем по стране остается достаточно низкой – 1,57 т/га. В связи с этим обеспечение стабильного урожая высокого качества зерна сои возможно за счет совершенствования элементов технологии возделывания, и в частности оптимизации минерального питания в условиях орошения. В Ставропольском крае возможность оптимизировать минеральное питание макроэлементами (N, P, K) за счёт использования минеральных удобрений при возделывании сортов сои различных групп спелости не изучали. **Цель исследований** –повышение урожайности и качества зерна за счёт внесения минеральных удобрений и биопрепарата при выращивании сортов сои, относящихся к различным группам спелости. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2008 – 2010 гг. на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. **Объектами исследований** были дозы минеральных удобрений и биопрепарат (Ризоторфин), сорта сои различных групп спелости. При проведении полевых и лабораторных исследований определены урожайность и качество зерна, рассчитана экономическая эффективность изучаемых агроприемов. Уборку урожая зерна сои проводили зерноуборочным комбайном Сампо 500. Выполнение полевых и лабораторных исследований проводилось в соответствии с общепринятыми методиками: Б.А. Доспехов (1985), Ф.А. Юдин (1980), В.Н. Плешаков (1983). Для определения содержания белка и растительного жира в зерне сои использовался ядерный магнитный анализатор АМВ-1006 М и ИК-анализатор MATRIX-I. Экономическая эффективность изучаемых агроприемов рассчитана с использованием технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур. **Результаты и обсуждение.** Исследования, проведенные в условиях полевого опыта, в зоне неустойчивого увлажнения при орошении показали, что существенная прибавка урожая зерна получена при выращивании сортов сои различных групп спелости на вариантах с внесением аммофоса под основную обработку почвы в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ – 0,13 - 0,26, а при сочетании внесения аммофоса под основную обработку в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ и инокуляции семян Ризоторфином она была наибольшей – 0,19 – 0,33 т/га. Применение биопрепарата позволило увеличить содержание белка в зерне на 0,5 – 0,8%. Раннеспелые и среднеспелые сорта сои положительно отреагировали на применение аммофоса в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ в сочетании с инокуляцией семян Ризоторфином, содержание белка увеличилось на 0,7-1,3%. На содержание растительного жира в зерне сои применяемые агроприёмы влияние не оказали. Максимальная урожайность зерна – 2,74 т/га, а также сбор белка – 0,92 т/га и растительного жира – 0,54 т/га– получены при комплексном применении аммофоса в дозе $N_{24}P_{104}$ и Ризоторфина на варианте с выращиванием среднеспелого сорта сои Селекта 302. Применение аммофоса в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ под основную обработку почвы как самостоятельно, так и в сочетании с бактериальным препаратом экономически оправдано. Лучшие экономические показатели получены на варианте с выращиванием сорта Селекта 302 и внесением аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ в сочетании с инокуляцией перед посевом семян Ризоторфином, рентабельность составила 68,8%. **Выводы.** В условиях зоны неустойчивого увлажнения на черноземе обыкновенном получен положительный эффект от сочетания внесения аммофоса под основную обработку в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ и инокуляции семян Ризоторфином при выращивании скороспелых, раннеспелых и среднеспелых сортов сои на орошении. Наибольшая урожайность 2,74 т/га получена при внесении аммофоса в дозе $N_{24}P_{104}$ и обработке семян Ризоторфином, при выращивании среднеспелого сорта Селекта 302. Лучший экономический эффект – 68,8 % – получен при возделывании сорта Селекта 302 с внесением аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ и инокуляцией семян Ризоторфином.

Ключевые слова: соя культурная, сорта сои, урожайность сои, Ризоторфин, среднеспелые сорта сои.

Цитирование. Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Есаулко А.Н., Бородычев В.В., Вайцеховская С. С. Агрохимическая и экономическая оценка применения минеральных удобрений и Ризоторфина на сортах сои различных групп спелости в условиях орошения. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 209-222. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-22.

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 последние годы в мире отмечается повышенный спрос в области производства зерна сои в связи с тем, что эта культура является одним из ведущих источников растительного белка и жира, которые служат сырьем для пищевой, кормовой и перерабатывающей промышленности [1, 4, 5]. Соя выращивается более чем в 60 странах мира. Лидерами по производству и валовому сбору соевого зерна являются США, Бразилия и Аргентина, валовой сбор зерна в которых в 2019 году составил 54-125 млн тонн. По сбору зерна сои Россия заняла 8 место среди стран мира (собрано 4,6 млн тонн). За последние 5 лет отмечен рост валового сбора зерна на 58,6%. Однако в связи с утвержденной Министерством сельского хозяйства РФ Отраслевой Программой «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015-2020 годы» объемы для перерабатывающей промышленности зерна сои оказались недостаточными. Валовой сбор зерна сои растёт в основном за счет увеличения площади посева, а урожайность в среднем по стране остается достаточно низкой – 1,57 т/га [6, 7, 8]. Обеспечение качественного урожая зерна сои возможно за счет совершенствования элементов технологии выращивания, и в первую очередь оптимизации минерального питания. С учётом генетического центра происхождения и многовековых традиций возделывания, площади посева сои в основном были сосредоточены на Дальнем Востоке. За счёт интродукции наблюдается территориальное расширение выращивания культуры. Посевы сои в Центральном Федеральном округе занимают 18,1% (Белгородская и Курская области), Южном Федеральном округе – 6,7% (Краснодарский край), других регионах РФ площадь составляет 36,9% от общего посева (Бородыхин В.В., 2019) [3]. При возделывании сои в условиях зоны неустойчивого увлажнения в богарных условиях (Армавирская опытная станция) урожайность сортов различных групп спелости находилась в пределах от 1,12 до 2,82 т/га. В среднем за семь лет исследований в степной зоне Центрального Предкавказья, в условиях орошения, наибольшая урожайность зерна получена при выращивании сортов сои среднеспелой группы – Вилана и Селекта 302, которая составила соответственно 24,4 и 25,1 ц/га [4]. В Ставропольском крае возделывание сои возможно лишь на небольшой части территории. Это связано с тем, что основным лимитирующим фактором является дефицит влаги [9, 13, 15]. В связи с этим посевы сои лучше размещать на орошаемых участках. Соя – культура требовательная к плодородию почвы, элементы питания неравномерно поглощаются на протяжении вегетационного периода в зависимости от фазы роста и развития [10, 11, 16]. Исследователями отмечена способность использования фосфора, содержащегося в труднодоступных (трёхзамещённых) фосфатах кальция и магния. Кроме того, соя – бобовая культура, которая за счёт симбиоза с клубеньковыми бактериями использует биологический азот, поглощаемый из почвенного воздуха [1, 8, 13]. Являясь хорошим азотфиксатором, соя, по утверждению М. Sinegovskii (2018), в благоприятные по влагообеспеченности годы, может усваивать до 180-200 кг/га азота (Шабалдас О.Г., 2019) [7].

Исследования, проведенные на различных типах почвы в различных почвенно-климатических условиях, свидетельствуют о том, что вынос питательных элементов из расчета на 1 тонну зерна в среднем по различным почвенно-климатическим зонам в Российской Федерации, а также США и Франции варьирует в пределах: азота 64-95, фосфора – 10-40 и калия – 22-76 мг/кг. Продуктивность сои зависит от макро- и микроэлементов, содержащихся в почве в доступной форме в минимуме [12, 14].

В условиях Нижнего Поволжья Волгоградской области при орошении на светло-каштановых среднесуглинистых почвах, по утверждению В.В. Бородычёва (2015), для формирования одной тонны зерна и соответствующего количества побочной продукции, сое требуется до 80-90 азота, 30-40 фосфора, 60-65 калия и 70-80 кг кальция [2]. На содержание сырого протеина и растительного жира в зерне при дисперсионном анализе в большей степени влияет сортовой фактор. Однако применение удобрений также оказывает положительное влияние на содержание протеина и растительного жира в семенах сои, которые находятся в пределах 12,2 % общей дисперсии содержания сырого протеина и 7,7 % растительного жира.

Цель исследований –повышение урожайности и качества зерна за счёт внесения минеральных удобрений и биопрепарата при выращивании сортов сои, относящихся к различным группам спелости.

Материалы и методы. Закладка опытов проводилась в 2008-2010 гг. на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Орошение осуществлялось вегетационными поливами дождевальными машинами ДДА-100МА расчетной поливной нормой. В пахотном слое опытного участка содержание гумуса (по Тюрину) составляло 3,4-3,6%, pH почвенного раствора – 8,0. Нитрификационная способность по Кравцову (в модификации Болотиной) – 20,7 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора (по Мачигину) – среднее (19,7-20,6 мг/кг), обеспеченность обменным калием (по методу Кирсанова) – повышенная (295 мг/кг).

Характерной особенностью зоны неустойчивого увлажнения является наличие достаточного количества тепла и резкая континентальность. Сумма активных температур колеблется в пределах 3400-3700⁰С, июль характеризуется наиболее высоким температурным режимом, температура воздуха может достигать +38-40⁰С. Среднегодовое количество осадков составляет 400-450мм, на период вегетации сои может приходиться 200-250 мм, гидротермический коэффициент равен 0,9-1,0.

Объектами исследований были дозы минеральных удобрений и биопрепарат (Ризоторфин), сорта сои различных групп спелости. Схема опыта включала следующие варианты: 1.Контроль (без удобрений и Ризоторфина). 2.Ризоторфин, 0,3 кг/га. 3.N₁₂ (сульфат аммония). 4.N₁₂P₅₂ (аммофос). 5.N₁₂P₅₂ (аммофос) + Ризоторфин, 0,3 кг/га. 6.N₂₄P₁₀₄ (аммофос). 7. N₂₄P₁₀₄ (аммофос) + Ризоторфин. Изучались сорта: Лира, Селекта 101 (скороспелые), Дельта, Селекта 201 (раннеспелые), Вилана, Селекта 302 (среднеспелые).

Соя высевалась после озимой пшеницы. Удобрения вносили под вспашку (0,22-0,25 м) с последующими осенними культивациями. Весной проводились боронование зяби и предпосевная культивация (4-6 см). За 2-3 недели до посева семена сои обрабатывали фунгицидом Фундазол СП (500 г/кг) 3 кг/т, инокуляцию семян Ризоторфином (штамм 634⁶) проводили непосредственно перед посевом. На основании ранее проведенных исследований и рекомендаций норма высева семян составляла 600 тыс. шт/га (скороспелые сорта), 550 тыс. шт/га (раннеспелые сорта) и 500 тыс. шт/га (среднеспелые сорта) [7, 8]. В борьбе с сорной растительностью по вегетирующим растениям сои (первый тройчатый лист) применялся гербицид Пивот ВК (Имазетапир 100 г/л) с нормой расхода 0,8 л/га. В период бутонизации–цветения против болезней применяли обработку растений бактофитом (2 л/га). Оросительная норма устанавливалась в зависимости от количества выпавших осадков и полевой влагоемкости почвы. Проведено 2-3 полива для скороспелых и 3-5 поливов для раннеспелых и среднеспелых сортов, общая поливная норма за вегетационный период находилась в пределах 760 – 2170 м³/га. Уборку урожая зерна сои проводили зерноуборочным комбайном Сампо 500. Выполнение полевых и лабораторных исследований проводилось в соответствии с общепринятыми методиками: Б.А. Доспехова (1985), Ф.А. Юдина

(1980), В.Н. Плешакова (1983). Для определения содержания белка и растительного жира в зерне сои использовался ядерный магнитный анализатор АМВ-1006М и ИК-анализатор MATRIX-I. (филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). Экономическая эффективность изучаемых агроприемов рассчитана с использованием технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур. Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Excel.

Результаты и обсуждение. Температурный режим и количество осадков в годы проведения исследований существенно различались. В среднем можно отметить, что вегетационный период сои в 2008 году характеризовался средней обеспеченностью осадками и температурой воздуха, практически не отличающимися от среднеемноголетних показателей. 2009 год был обеспечен достаточным количеством осадков, а температурный режим находился на уровне среднеемноголетних данных, 2010 год сопровождался высоким температурным режимом и острым дефицитом осадков, выпадало на 125% меньше среднеемноголетней нормы.

При использовании Ризоторфина получена прибавка урожая, которая в зависимости от выращиваемого сорта составила 0,05 – 0,09 т/га (таблица 1). Внесение сульфата аммония в дозе N12 увеличивало урожайность у сортов скороспелой и раннеспелой групп на 0,06 – 0,12 т/га, для среднеспелых сортов внесение данной дозы сульфата аммония не оказывало влияния на изменение урожайности, и она находилась на уровне контроля.

Таблица 1 – Влияние применения удобрений и Ризоторфина на урожайность сортов сои, среднее за 2008-2010 гг.

Table 1 – Influence of the use of fertilizers and rhizotorfin on the yield of soybean varieties, average for 2008-2010

Доза удобрения/ Ризоторфин (фактор В)/ Fertilizer dose / Rhizotorfin (factor B)	Сорт (факторА)/ Variety (factor A)						Средняя по фактору В/ Average by factor B
	Урожайность, т/га/ Produktivität, t/ha						
	Ли́ра/ Lira	Селекта 101/ Selecta101	Дель-та/Delta	Селек-та201/ Selecta 201	Вилана/ Vilana	Селекта 302/ Selecta 302	
Без удобр. и Ризоторфина (контроль)/Withot fertilizers. and risotorfin (control)	1,62	1,92	1,85	2,12	2,36	2,47	2,06
Ризоторфин/ Risotorfin	1,68	1,99	1,91	2,21	2,42	2,52	2,13
N ₁₂	1,72	2,04	1,93	2,18	2,32	2,46	2,11
N ₁₂ P ₅₂	1,79	2,07	2,00	2,28	2,49	2,60	2,21
N ₁₂ P ₅₂ + Ризоторфин/ Risotorfin	1,86	2,14	2,08	2,40	2,57	2,68	2,29
N ₂₄ P ₁₀₄	1,78	2,11	2,05	2,38	2,53	2,64	2,25
N ₂₄ P ₁₀₄ + Ризоторфин/ Risotorfin	1,82	2,20	2,13	2,45	2,62	2,74	2,33
Средняя по фактору А/ Averagebyfactor A	1,93	2,09	1,99	2,20	2,43	2,53	-
HCP ₀₅ для частных средних/LSD ₀₅ for private secondary 0,17							
HCP ₀₅ по фактору А / LSD ₀₅ by factor A 0,04							
HCP ₀₅ по фактору В/LSD ₀₅ by factor B 0,07							
HCP ₀₅ по фактору АВ/LSD ₀₅ by factor AB 0,17							

При внесении аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ урожайность сои по сравнению с контролем была больше на 0,13-0,17 т/га, а при повышении дозы аммофоса – в два раза, до $N_{24}P_{104}$ – на 0,15-0,26 т/га. На вариантах с внесением аммофоса в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ и обработкой семян Ризоторфином урожайность сортов сои увеличилась на 0,21 – 0,28 и 0,19 – 0,33 т/га по сравнению с контролем. В среднем за три года исследований наибольший урожай получен при выращивании среднеспелых сортов в зависимости от изучаемых доз удобрений на фоне инокуляции семян Ризоторфином, колебания составили в пределах 2,32 – 2,62 (сорт Вилана) и 2,47 – 2,74 (сорт Селекта 301) т/га.

Обработка семян Ризоторфином повлияла на содержание белка в зерне сои, которое в зависимости от сорта было выше на 0,5-0,8% по сравнению с контролем (таблица 2). Содержание белка при внесении сульфата аммония в дозе N_{12} и аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ было на уровне контроля, и находилось в пределах 36,0-38,6 и 36,2-38,7%. Увеличение дозы аммофоса до $N_{24}P_{104}$ незначительно – на 0,1-0,4% – повышало содержание белка у раннеспелых и среднеспелых сортов сои, а скоро спелые сорта по содержанию белка находились на уровне контроля. Сочетание удобрений в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ с обработкой семян бактериальным препаратом имело наилучший эффект, содержание белка в зерне сои было больше по сравнению с контрольным вариантом на 0,5-1,3%. На содержание растительного жира в зерне сои минеральные удобрения и Ризоторфин влияния не оказали, в среднем по сортам показатель варьировал в пределах от 20,0-22,4%. Наибольшее содержание растительного жира отмечено у сортов Селекта 201 – от 22,0 до 22,4 и Селекта 302 – от 21,6 до 22,0%.

Таблица 2 – Влияние применения удобрений и Ризоторфина на качество зерна сои, среднее за 2008-2010 гг.

Table 2 – Influence of the use of fertilizers and rizotorfin on the quality of soybean grain, average for 2008-2010

Доза удобрения / Ризоторфин (фактор B) / Fertilizer dose / Rizotorfin (factor B)	Сорт (фактор A) / Variety (factor A)											
	Содержание, % / Content, %											
	белок/ squirrel						растительный жир/ vegetablefat					
	Лира/ Lira	Селекта 101/ Selecta 101	Дельта/ Delta	Селекта 201 / Selecta 201	Вилана/ Vilana	Селекта 302/ Selecta 302	Лира/ Lira	Селекта 101/ Selecta 101	Дельта/ Delta	Селекта 201/ Selecta 201	Вилана/ Vilana	Селекта 302/ Selecta 302
Без удобр. и Ризоторфина (контроль)/Withot fertilizers. and Risotorfin (control)	38,7	38,5	36,6	37,6	37,2	36,1	20,2	20,6	21,6	22,2	21,3	21,8
Ризоторфин / risotorfin	39,2	39,1	37,2	38,1	37,9	36,9	20,3	20,8	21,8	22,0	21,0	22,0
N_{12}	38,6	38,6	36,6	36,8	37,1	36,0	20,0	20,6	21,4	22,2	21,3	21,9
$N_{12}P_{52}$	38,7	38,6	36,7	37,7	37,4	36,2	20,4	20,5	21,7	22,2	21,3	21,6
$N_{12}P_{52}$ + Ризоторфин / Risotorfin	39,2	39,1	37,3	38,4	38,2	37,3	20,3	20,5	21,8	22,3	21,4	21,7
$N_{24}P_{104}$	38,7	38,5	36,8	37,7	37,5	36,5	20,4	20,7	21,4	22,4	21,4	22,0
$N_{24}P_{104}$ + Ризоторфин / Risotorfin	39,3	39,0	37,4	38,5	38,3	37,4	20,3	20,8	21,6	22,3	21,3	22,1

Количество белка и растительного жира с одного гектара в зависимости от удобрений и Ризоторфина представлены на рисунках 1 и 2. Применение удобрений самостоятельно и в комплексе с обработкой семян Ризоторфином обеспечивали уве-

личение сбора белка в среднем по изучаемым вариантам от 5,3 до 64,2% по сравнению с контролем. У скороспелых сортов Ли́ра и Селекта 101 сбор белка варьировал в пределах 0,59 - 0,77, раннеспелых Дельта и Селекта 201 – 0,61 - 0,85 и среднеспелых Вилана и Селекта 302 – 0,79 - 0,92 т/га. При обработке семян Ризоторфином без внесения удобрений был получен наименьший эффект, прибавка в среднем по сортам составила 0,03-0,04 т/га. Внесение сульфата аммония в дозе N_{12} также практически не повлияло на увеличение этого показателя: так, у скороспелых сортов сбор белка был больше на 0,01-0,05 у раннеспелого сорта Дельта – на 0,02 т/га, по остальным сортам сбор белка был на уровне контроля. Внесение аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ увеличивало сбор белка в среднем по сортам на 0,03-0,06, а при дозе $N_{24}P_{104}$ – на 0,06-0,09 т/га. Сочетание внесения аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ с обработкой семян Ризоторфином обеспечило наибольший сбор белка, который в зависимости от сорта варьировал в пределах 0,08-0,13 т/га. Применение аммофоса в дозе $N_{24}P_{104}$ в комплексе с обработкой семян Ризоторфином способствовало максимальному сбору белка с единицы площади посева у раннеспелого сорта Селекта 201 – 0,85 и среднеспелого Селекта 302 – 0,92 т/га.

Сбор растительного жира в зависимости от удобрений и бактериального препарата также отличался по вариантам. Прибавка по сбору растительного жира в зависимости от дозы удобрений, Ризоторфина и их комплексного применения, а также сорта находилась в пределах 8,8-17,2%. Максимальный сбор растительного жира получен при внесении аммофоса в дозе $N_{24}P_{104}$ и обработке семян Ризоторфином сортами Селекта 101 – 0,41, Селекта 201 – 0,49 и Селекта 302 – 0,54 т/га, что больше контроля на 0,05-0,07 т/га. Скороспелыми сортами сои получен наименьший сбор растительного жира от 0,29 до 0,41 т/га, у раннеспелых сортов он был больше на 0,07-0,08 т/га, наибольший сбор белка показали среднеспелые сорта – 0,45-0,54 т/га.

Внесение удобрений и обработка семян Ризоторфином оказали определенное влияние на показатели экономической эффективности возделывания сои (таблица 3). С учетом затрат на производство зерна сои, в зависимости от применения удобрений и бактериального препарата, в среднем за три года, наибольшая прибыль получена при внесении под основную обработку аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ в сочетании с обработкой семян Ризоторфином: скороспелым сортом Ли́ра – 6631, раннеспелыми сортами Дельта и Селекта 201 – 11605-18794 и среднеспелыми сортами Вилана и Селекта 302 – 22638-25125 рублей с гектара, что больше контрольного варианта без применения удобрений и Ризоторфина на 1775; 1558; 2642; 1107; 1106 рублей с гектара соответственно вышеперечисленных сортов.

Уровень рентабельности в данном варианте был также наиболее высоким и составлял 18,3 (Ли́ра), 32,0 (Дельта), 51,6 (Селекта 201), 62,1 (Вилана) и 68,8% (Селекта 302). Скороспелым сортом Селекта 101 также получены высокая прибыль и уровень рентабельности при внесении под основную обработку аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ в сочетании с обработкой семян Ризоторфином – 12962 рублей с гектара и 35,7%, однако при внесении сульфата аммония в дозе N_{12} прибыль была больше по сравнению с данным сочетанием на 35 тыс. рублей с гектара, а себестоимость больше на 2,5%. В результате анализа полученных данных установлено, что максимальный экономический эффект получен в виде прибыли – 22 638-25125 рублей с гектара среднеспелыми сортами Вилана и Селекта 302.

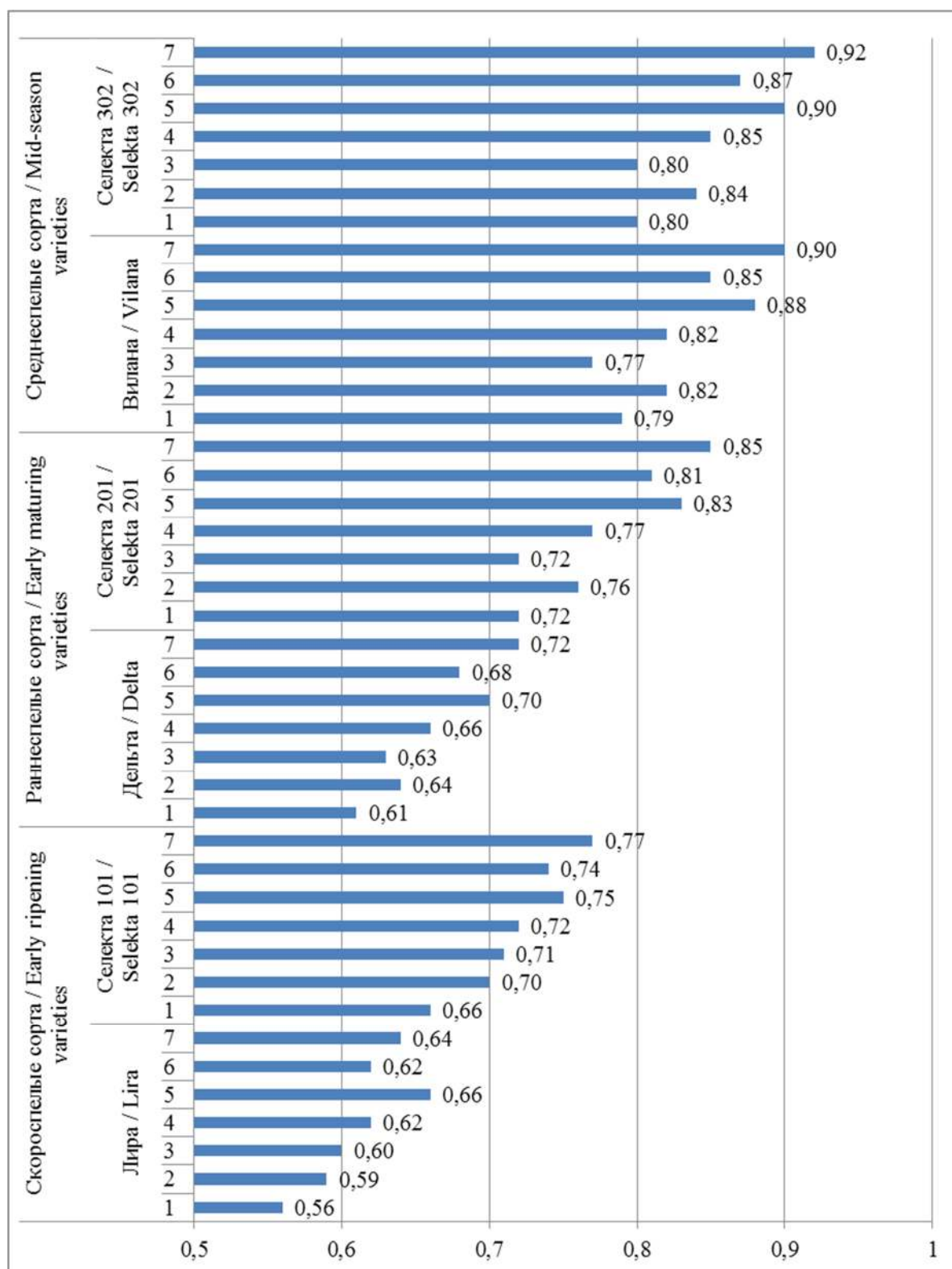


Рисунок 1 – Сбор белка в зависимости от применения удобрений и Ризоторфина, т/га (среднее за 2008-2010 гг.)

Figure 1 – Protein collection depending on the use of fertilizers and Rizotorfin, t / ha (average for 2008-2010)

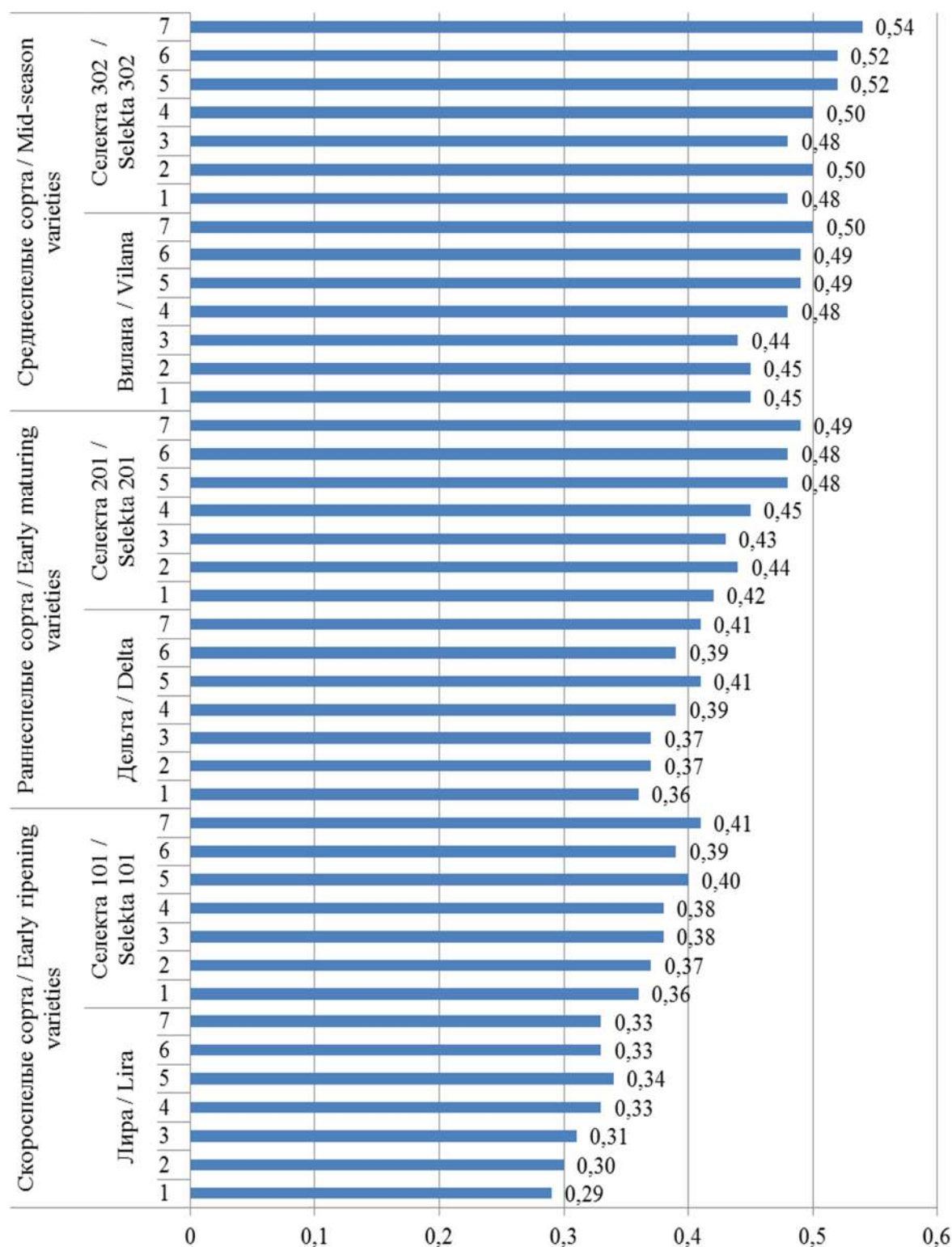


Рисунок 2 – Сбор растительного жира в зависимости от применения удобрений и Ризоторфина, т/га (среднее за 2008-2010 гг.)

Figure 2 – Collection of vegetable fat depending on the use of fertilizers and Rizotorfin, t/ha (average for 2008-2010)

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения минеральных удобрений и Ризоторфина при выращивании сои, среднее за 2008-2010 гг.

Table 3 – Economic efficiency of the use of mineral fertilizers and rhizotorfin when growing soybeans, average for 2008-2010

Показатели	Вариант (сорт) / Variety (factor A)													
	Лира / Lira							Селекта 101 / Selecta 101						
Урожайность с 1 га, т / Productivity from 1 hectare, t	1,62	1,68	1,72	1,79	1,86	1,78	1,82	1,92	1,99	2,04	2,07	2,14	2,11	2,20
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб. / Cost of 1 ton of products, thousands rub.	20,0	19,9	19,7	19,8	19,4	21,4	21,4	16,9	16,9	16,6	17,2	16,9	18,1	17,7
Прибыль на 1 га, тыс. руб. / Profit per hectare, thousands rubles	4,9	5,1	5,8	5,8	6,6	2,8	2,9	11,6	12,1	13,0	12,1	13,0	10,4	11,7
Уровень рентабельности, % / Profitability level,%	15,0	15,3	17,0	16,3	18,3	7,3	7,6	35,8	36,1	38,2	34,0	35,7	27,4	30,1
	Дельта/ Delta							Селекта 201/ Selecta 201						
Урожайность с 1 га, т / Productivity from 1 hectare, t	1,85	1,91	1,93	2,00	2,08	2,05	2,13	2,12	2,21	2,18	2,28	2,40	2,38	2,45
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб. / Cost of 1 ton of products, thousands rub.	17,6	17,6	17,6	17,7	17,4	18,6	18,2	15,4	15,3	15,6	15,6	15,2	16,1	15,9
Прибыль на 1 га, тыс. руб. / Profit per hectare, thousands rubles	10,1	10,3	10,5	10,5	11,6	9,1	10,1	16,2	17,1	16,1	16,8	18,8	16,5	17,4
Уровень рентабельности, %/ Profitability level, %	30,9	30,7	30,9	29,6	32,0	23,8	26,1	49,5	50,5	47,5	47,1	51,6	43,1	44,5
	Вилана/ Vilana							Селекта 302/ Selecta 302						
Урожайность с 1 га, т / Productivity from 1 hectare, t	2,36	2,42	2,32	2,49	2,57	2,53	2,62	2,47	2,52	2,46	2,60	2,68	2,64	2,74
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб. / Cost of 1 ton of products, thousands rub.	13,9	14,0	14,7	14,4	14,2	15,1	14,9	13,3	13,5	13,9	13,8	13,6	14,5	14,3
Прибыль на 1 га, тыс. руб. / Profit per hectare, thousands rubles	21,5	21,8	19,3	21,5	22,6	19,9	21,2	24,0	24,1	22,4	24,0	25,1	22,4	23,9
Уровень рентабельности, % / Profitability level,%	65,7	64,4	56,5	60,3	62,1	51,9	54,3	73,2	71,0	65,7	67,1	68,8	58,3	60,9

Выводы. В условиях зоны неустойчивого увлажнения на черноземе обыкновенном получен положительный эффект от сочетания внесения аммофоса под основную обработку в дозах $N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$ и инокуляции семян Ризоторфином при выращивании скороспелых, раннеспелых и среднеспелых сортов сои на орошении. Максимальная урожайность получена при внесении аммофоса в дозе $N_{24}P_{104}$ и обработке семян Ризоторфином среднеспелым сортом Селекта 302 – 2,74 т/га, наиболее высокий экономический эффект получен при возделывании сорта Селекта 302 с внесением аммофоса в дозе $N_{12}P_{52}$ и обработке Ризоторфином – 68,8%.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 80-97.
2. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Особенности применения минеральных удобрений при возделывании сои при орошении в условиях нижнего Поволжья // Плодородие. 2015. №1(82). С. 33-35.
3. Бородычев В.В., Магомедова Д.С., Лытов М.Н. Агротехнические факторы эффективного использования водных ресурсов при возделывании орошаемой сои//Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 35-42.
4. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Лытов М. Н. Формирование бездефицитного баланса азота в почве при возделывании бобовых культур // Агрохимический вестник. 2007. № 5. С. 9-11.
5. Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю., Козлова С.А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и России //Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. Вып 3. (167) С.64-69.
6. Лытов М.Н. Особенности формирования водного режима почвы при разных уровнях водообеспечения сои в условиях орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 31-49.
7. Продуктивность сортов сои различных групп спелости в условиях восточной зоны Краснодарского края /О. Г. Шабалдас, Н. И. Зайцев, К. И. Пимонов [и др.]// Земледелие. 2019. № 7. С. 38-40.
8. Пути совершенствования элементов технологии возделывания сои // Г.Т. Балакай, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова, С.А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 100-120.
9. Borodychev V. V., Lytov M. N. Irrigation management model based on soil moisture distribution profile // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020.V. 577. №012022.
10. Borodychev V. V., Buber A. A., Dobrachev Y. P. Calculation features of evaporation from the agrocoenosis soil surface at drip irrigation and fine dispersion sprinkling // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 577. №012003.
11. Current status of the soybean industry and research in the Russian Federation / M. Sinegovskii, S. H. Yuan, V. Sinegovskaya, T. Han //Soybean science and technology. 2018. V. 37. № 1. P. 1-7.
12. Effizienz der anwendung von mikrobiologis chenarz neimitteln auf soja samen/ I.M. Hanieva, A.L. Boziev, I.H. Tlostanov, M.V. Gesheva //Проблемы научной мысли. 2019. Т. 10. №3. С. 44-48.
13. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.
14. Shabaladas O.G., Golub A. S., Mukhina O. V. Nitrogen-fixing activity of soybean plants in the application of complex inlays seeds//Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. № 3. P. 2348-2350.
15. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy [et al.] // Journal of Ecological Engineering. 2019. V. 20. № 7. P. 39-44.
16. The effect of fertilizer system on soybean productivity in conditions of right bank forest-steppe / I. M. Didur[et all] // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(1). P. 76-80.

Conclusions. In the conditions of the zone of unstable moisture on ordinary chernozem, a positive effect was obtained from the combination of the introduction of ammophos under the main treatment in doses of $N_{12}P_{52}$ and $N_{24}P_{104}$ and inoculation of seeds with Rhizotorphin

when growing precocious, early-ripening and medium-ripening soybean varieties under irrigation. The maximum yield was obtained when applying ammophos at a dose of N24P104 and treating seeds with Rhizotorphin with a medium-ripened variety of Select 302-2.74 t / ha, the highest economic effect was obtained when cultivating the variety of Select 302 with the introduction of ammophos at a dose of N12P52 and processing with Rhizotorphin-68.8%.

Reference

1. Balakai G. T., Selitsky S. A. The yield of soybean varieties when watering with sprinkling and drip irrigation systems in the conditions of the Rostov region // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration. 2019. No. 3 (35). pp. 80-97.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Features of the use of mineral fertilizers in the cultivation of soybeans under irrigation in the conditions of the lower Volga region // Fertility. 2015. No. 1(82). pp. 33-35.
3. Borodychev V. V., Magomedova D. S., Lytov M. N. Agrotechnical factors of effective use of water resources in the cultivation of irrigated soybeans//Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2019. No. 2 (38). pp. 35-42.
4. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Lytov M. N. Formation of a non-deficit balance of nitrogen in the soil during the cultivation of legumes. 2007. No. 5. pp. 9-11.
5. Krivoslykov K. M., Roshchina E. Yu., Kozlova S. A. Analysis of the state and development of soybean production in the world and Russia //Oilseeds. Scientific and technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. 2016. Issue 3. (167) p. 64-69.
6. Lytov M. N. Features of the formation of the water regime of the soil at different levels of water supply of soybeans in irrigation conditions // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. No. 3 (35). pp. 31-49.
7. Productivity of soybean varieties of different maturity groups in the conditions of the eastern zone of the Krasnodar Territory /O. G. Shabaldas, N. I. Zaitsev, K. I. Pimonov [et al.] // Agriculture. 2019. No. 7. pp. 38-40.
8. Ways of improving the elements of soybean cultivation technology // G. T. Balakai, L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova, S. A. Selitsky // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. No. 4 (36). pp. 100-120.
9. Borodychev V. V., Lytov M. N. Irrigation management model based on soil moisture distribution profile // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020.V. 577. №012022.
10. Borodychev V. V., Buber A. A., Dobrachev Y. P. Calculation features of evaporation from the agrocoenosis soil surface at drip irrigation and fine dispersion sprinkling // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 577. №012003.
11. Current status of the soybean industry and research in the Russian Federation / M. Sinegovskii, S. H. Yuan, V. Sinegovskaya, T. Han //Soybean science and technology. 2018. V. 37. № 1. P. 1-7.
12. Effizienz der anwendung von mikrobiologis chenarz neimitteln auf soja samen/ I.M. Hanieva, A.L. Boziev, I.H. Tlostanov, M.V. Gesheva //Problems of scientific thought. 2019. Vol. 10. no. 3. pp. 44-48.
13. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.
14. Shabaldas O.G., Golub A. S., Mukhina O. V. Nitrogen-fixing activity of soybean plants in the application of complex inlays seeds//Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. № 3. P. 2348-2350.
15. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy [et al.] // Journal of Ecological Engineering. 2019. V. 20. № 7. P. 39-44.
16. The effect of fertilizer system on soybean productivity in conditions of right bank forest-steppe / I. M. Didur[et all] // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(1). P. 76-80.

Authors Information

Shabaldas Olga Georgievna, Associate Professor of the Department of General Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Stavropol State Agrarian University (Russia, 355017, Stavropol, per-Zootekhnicheskyy, 12), candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5606-1855>, phone: + 9097607047, e-mail: shabaldas-olga@mail.ru

Pimonov Konstantin Igorevich, Professor of the Department of Crop Production, Don State Agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, p. Persianovsky, Krivoshlykova str., 24), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Esaulko Alexander Nikolaevich, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of «Agrochemistry and Plant Physiology», Stavropol State Agrarian University» (Russia, 355017, Stavropol, per. Zootechnical 12), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, phone: +7(962)400-41-95, e-mail: aesaulko@yandex.ru

Borodichev Viktor Vladimirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Vaytsekhovskaya Svetlana Sergeevna, Associate Professor of the Department of Entrepreneurship and World Economy, Stavropol State Agrarian University (Russia, 355017, Stavropol, per. Zootechnical, 12), candidate of economic sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0147-2942>, phone: +79187446612, e-mail: FantasiaSM@mail.ru

Информация об авторах

Шабалдас Ольга Георгиевна, доцент кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5606-1855>, тел.: +9097607047, e-mail: shabaldas-olga@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, тел.: +79882562700, e-mail: konst.pimonov@yandex.ru

Есаулко Александр Николаевич, профессор РАН, профессор кафедры «Агрохимии и физиологии растений», ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, тел.: +7(962)400-41-95, e-mail: aesaulko@yandex.ru

Бородичев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Вайцеховская Светлана Сергеевна, доцент кафедры предпринимательства и мировой экономики, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), кандидат экономических наук,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0147-2942>, тел.: +79187446612, e-mail: FantasiaSM@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-23

EVALUATION AND SELECTION OF COLLECTION SAMPLES OF WATERMELON FOR USE IN THE BREEDING PROCESS

E.A. Varivoda¹, T.G. Koleboshina¹, S. D. Fomin², E.S. Maslennikova¹

¹*Bykovskaya Melon Selection Experimental Station - a branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 03.04.2021

Submitted 28.05.2021

Abstract

Introduction. Melon growing is considered one of the profitable areas of agriculture. One of the problems in the industry is low yields. Expansion of the assortment due to the introduction into production of new high-yielding varieties and hybrids of melons and gourds will allow increasing the yield by 15-20% without additional costs. To solve this problem, it is necessary to select the source material that meets the requirements of modern breeding. The purpose of this work is to study the diversity of col-

lection samples of watermelon, the selection of genetic sources for the creation of new varieties and hybrids. **Materials and methods.** The work was carried out in dry conditions at the Bykovskaya selection experimental station in 2018-2019. The research material consisted of 105 watermelon samples of various ecological and geographical origin. The studies were carried out against the background of the standards of the Zenit and Sinchevsky watermelon varieties. **Results and conclusions.** In the course of testing and evaluating collection samples of watermelon, 14 genetic sources of economically valuable traits were selected. The assessment was carried out according to the yield, large-fruited, the length of the growing season, the content of dry matter and the color of the pulp. The highest yield under test conditions was noted in the early group of samples from the Snezhok sample - 30.0 t / ha. In the mid-season group, the Local sample (Turkey) stood out for this indicator, its yield was 40.7 t / ha. The rest of the studied samples, except for Vasko in the early group and Yellow Flesh in the middle one, in terms of yield exceeded the standards from 2.4 to 10.1 t / ha. According to the size of the fetus, 8 samples were taken, the average weight of the fetus in the early group ranged from 7.5 to 9.0 kg, in the middle group 9.0-10.0 kg. Samples Buch Jubilee and Local (Turkey) had a high solids content of 13.0%. An important indicator for the modern consumer is the bright color of the pulp, according to this indicator, the following samples were distinguished: Rannii 6, Snezhok, Vasko, Livya. Also, to add variety to the assortment of varieties and hybrids of watermelon, samples with orange, white and yellow pulp were selected. To create new early ripening varieties, the speed of entry into fruiting is of great importance, according to this indicator, the samples KX 01 Jing Xin and White sugar lump were isolated, the growing season was 60 and 65 days, respectively. Thus, 14 sources of valuable traits have been identified for further use as a starting material when creating high-yielding varieties and hybrids of watermelon, in accordance with the developed models.

Key words: yield, quality, growing season, source material, standard

Citation. Varivoda E.A., Koleboshina T.G., Fomin S.D., Maslennikova E.S. Evaluation and selection of collection samples of watermelon for use in the breeding process. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 222-231 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-23.

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

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

УДК 635.615:631.52

ОЦЕНКА И ОТБОР КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ АРБУЗА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

Е. А. Варивода¹, старший научный сотрудник

Т. Г. Колешина¹, доктор сельскохозяйственных наук

С. Д. Фомин², доктор технических наук

Е. С. Масленникова¹, научный сотрудник, аспирант ФГБНУ ФНЦО

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Волгоградская область, Быковский район

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 03.04.2021

Дата принятия к печати 28.05. 2021

**Работа выполнена по Государственному заданию № 0595-2019-0064 ФНП
Фундаментальные научные исследования «Быковской БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО»**

Актуальность. Бахчеводство считается одной из рентабельных областей сельского хозяйства. Одной из проблем отрасли является низкая урожайность. Расширение сортимента за счет внедрения в производство новых высокоурожайных сортов и гибридов бахчевых культур позволит без дополнительных затрат увеличить урожайность на 15-20 %. Для решения этой задачи необходимо подобрать исходный материал, отвечающий требованиям современной селекции. Целью данной работы является изучение разнообразия коллекционных образцов арбуза, отбор

генетических источников для создания новых сортов и гибридов. **Материалы и методы.** Работа проводилась в богарных условиях на Быковской селекционной опытной станции в 2018-2019 годах. Материалом исследования являлись 105 образцов арбуза различного эколого-географического происхождения. **Результаты.** В ходе испытания и оценки коллекционных образцов арбуза отобраны генетические источники хозяйственно ценных признаков. Самая высокая урожайность в условиях испытания отмечена в ранней группе образцов у образца Снежок – 30,0 т/га. В среднеспелой группе по этому показателю выделился образец Местный (Турция), его урожайность составила 40,7 т/га. По величине плода было отобрано 8 образцов, средняя масса плода в ранней группе составляла от 7,5 до 9,0 кг, в средней группе – 9,0-10,0 кг. Высоким содержанием сухих веществ – 13,0 % – обладали образцы Buch Jubilee и Местный (Турция). Немаловажным показателем для современного потребителя является яркая окраска мякоти, по этому показателю были выделены образцы: Ранний 6, Снежок, Васко, Ливия. Также для внесения разнообразия в сортимент сортов и гибридов арбуза были отобраны образцы с оранжевой, белой и желтой окраской мякоти. Для создания новых скороспелых сортов большое значение имеет скорость вступления в плодоношение, по этому показателю были выделены образцы KX 01 Jing Xin и White sugar lump. **Заключение.** Таким образом, выявлено 14 источников ценных признаков для дальнейшего использования в качестве исходного материала при создании высокоурожайных сортов и гибридов арбуза в соответствии с разработанными моделями.

Ключевые слова: урожайность арбуза, качество плодов арбуза, селекция арбуза, сорта арбуза.

Цитирование. Варивода Е. А., Колебошина Т. Г., Фомин С. Д., Масленникова Е. С. Оценка и отбор коллекционных образцов арбуза для использования в селекционном процессе. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 222-231. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы данной статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Как показывает мировой опыт, селекция и семеноводство являются очень важными направлениями в развитии как растениеводства в целом, так и овощеводства в частности, а генофонд растений, можно сказать, – это национальное достояние страны [9]. Важнейшую роль в развитии технологий овощеводства и бахчеводства занимает сорт, который оказывает значительное влияние на продуктивность и качество урожая. В настоящее время сортимент овощных и бахчевых культур в России насчитывает около 9 тыс. сортов и гибридов, из них 55-60 % – отечественные, 40-45 – зарубежные [1]. Вместе с тем в отечественном сортименте ощущается нехватка ультраскороспелых и среднеранних урожайных гибридов, устойчивых к сосудистому бактериозу овощных культур, кустовых, раннеспелых и холодостойких – тыквы; короткоплетистых, с высокими вкусовыми качествами и устойчивых к болезням – арбуза и дыни и др. [2]. Актуальным направлением в селекционной работе остается создание новых сортов и гибридов, адаптированных к внешним условиям среды, устойчивых к болезням и вредителям. Использование таких сортов обеспечивает получение высококачественной продукции без применения средств химической защиты, способствует защите окружающей среды.

Для увеличения отечественного сортимента современных сортов и гибридов необходим хорошо изученный исходный материал. От наличия и детального исследования генетического разнообразия исходного материала, а также подбора родительских образцов зависят успех и эффективность селекционной работы [3, 10]. Сегодня наиболее востребованы в селекции источники кустовости и короткоплетистости, многоплодности, скороспелости, высокой продуктивности и качества. Актуальным направлением является создание и внедрение в производство новых сортов с ценными хозяйственны-

ми признаками, которые обладают высокой экопластичностью и способностью давать стабильные урожаи [4]. Необходимы также источники, определяющие транспортабельность и лежкость, семенную продуктивность [5].

Целью данных исследований являются оценка и отбор генетических источников для использования в получении сортов и гибридов арбуза, соответствующих параметрам заданной модели сорта или гибрида.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2018 и 2019 годах на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в условиях Волгоградского Заволжья. Материалом исследований являлись коллекционные образцы арбуза. За два года в коллекционных питомниках станции было изучено 105 образцов арбуза. Испытываемые образцы высевали на учетных делянках по 5-20 растений, в зависимости от количества семенного материала, с площадью питания одного растения 4 м². Испытания проводили в сравнении со стандартами, сортами селекции станции, адаптированными к почвенно-климатическим условиям зоны исследования. Для раннеспелых образцов за стандарт использовали сорт Зенит, для среднеспелых – сорт Синчевский.

На комплексную устойчивость к фузариозу и антракнозу было проверено 4 образца арбуза из коллекции ВИР. Источник инфекции – растительные остатки погибших от фузариоза и антракноза растений. Для создания искусственного инфекционного фона во время посева вносили измельченные растительные остатки пораженных фузариумом растений в каждую лунку, несколько глубже семян, во избежание контакта с семенами. Во время вегетации производился учет заболевших и погибших растений. Затем на сохранившихся растениях заражались плоды суспензией антракноза, помещали их в полиэтиленовые мешки, не отрывая от растений, и проводили учет поражения через 10 дней.

Работа проводилась согласно существующим методикам и стандартам [6, 11].

Проведены следующие учёты и наблюдения:

1. Фенологические наблюдения по фазам роста и развития растений.
2. Оценка по морфологическим и биологическим признакам.
3. Оценка комплексной устойчивости к антракнозу и фузариозу.
4. Полевой анализ плодов.
5. Учёт урожая.

Погодные условия периода исследований характеризовались показателями, представленными на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Количество осадков за вегетационные периоды 2018-2019 гг., мм

Figure 1 – Amount of precipitation for the growing seasons 2018-2019, mm

В 2018 году количество осадков за вегетационный период превышало средне-многолетние данные на 15,85 %. Основное количество осадков выпало на середину вегетационного периода, июль.

В 2019 году сумма осадков также была выше среднемноголетних данных на 17,1 мм. Самое большое количество осадков, как и в 2018 году, выпало в июле (рисунок 1).

Среднесуточная температура в 2018 году превышала среднемноголетние данные в мае, июле и сентябре на 1-2,2 °С. В 2019 году температура превышала среднемноголетние данные в июне на 1,3 °С, в остальные месяцы вегетационного периода, среднесуточная температура была на уровне или ниже среднемноголетних данных (рисунок 2).

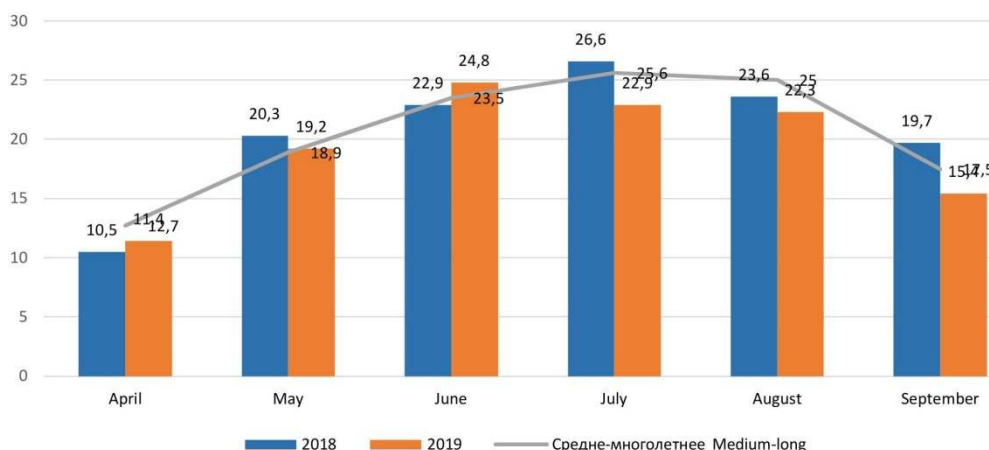


Рисунок 2 - Среднесуточные температура воздуха за вегетационные периоды 2018-2019 гг., °С

Figure 2 - Average daily air temperature for the growing seasons 2018-2019, °C

Результаты и обсуждение. Для повышения эффективности селекционного процесса при создании новых сортов и гибридов арбуза столового были определены критерии модели сорта. Среди них – засухоустойчивость, урожайность, высокое содержание сухих веществ, яркая окраска мякоти [7]. Большое внимание при селекционной работе уделяется длительному сохранению вкусовых и товарных качеств плодов, транспортабельности и устойчивости к болезням. Ранее проведенными исследованиями установлено, что ярко-красная окраска мякоти, контролируемая доминантным геном, *Scr*, преобладает над розовой, устойчивость к фузариозу и антракнозу доминирует над восприимчивостью, вкусовые качества и длина вегетационного периода у арбуза наследуются промежуточно [12-14]. Исходя из этих данных получение заданных параметров модели сорта невозможно без подбора исходного материала, обладающего комплексом хозяйственно ценных признаков. Особую ценность при этом составляют образцы, обладающие высокой продуктивностью и качеством продукции, устойчивостью к наиболее опасным и распространённым болезням и вредителям, а также устойчивые к абиотическим факторам среды [8]. Достижению этой цели способствуют оценка и отбор коллекционных образцов арбуза, проведенные на Быковской опытной станции.

В результате проведенной работы из 105 изученных образцов нами выделено 14 генетических источников хозяйственно ценных признаков для использования в селекции арбуза столового. Все образцы оценивались по морфологическим и биологическим признакам в сравнении со стандартами. Отбор проводили по основным критериям: урожайности, средней массе плода, содержанию сухих веществ, окраске и консистенции мякоти, и длине вегетационного периода.

Краткая характеристика выделенных источников по основным хозяйственно-ценным признакам приведена в таблице 1.

По урожайности в раннеспелой группе все отобранные образцы, кроме Васко, достоверно превышают стандарт, сорт Зенит. Превышение над стандартом по урожайности у отобранных образцов арбуза составило от 2,4 до 11,3 т/га. По крупноплодности выделились образцы Васко, Ливия, Ранний 6, масса плода составила от 7,5 до 9,0 кг (таблица 1).

В среднеспелой группе сортов превышение по урожайности над стандартом у отобранных образцов составляло от 28,3 до 85,9 %. Самую высокую урожайность показали образцы Местный (Турция) – 40,7 т/га и Moon and stars yellow – 32,0 т/га. По крупноплодности были отобраны Местный (Иран), Buch Jubilee (США), Moon and stars yellow, Yellow Flesh (США), средняя масса плода составила 9-10 кг (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика выделившихся образцов арбуза столового по урожайности и массе плода

Table 1 – Characteristics of the separated samples of table watermelon by yield and fruit weight

Название образца / Sample name	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha		Масса плода, кг / Fruit weight, kg	
	Средняя / Average	Отклонение от стандарта/ Deviation from the standard p/га	Средняя / Average	Отклонение от стандарта / Deviation from the standard
Раннеспелая группа				
Зенит, стандарт	18,7	0,0	6,5	0,0
Местный (Кыргызстан)	22,1	+2,4	5,0	-1,5
Ранний 6	25,8	+7,1	7,5	+1,0
Снежок	30,0	+11,3	6,5	0,0
KX 01 Jing Xin	25,0	+6,3	7,0	+0,5
Васко	18,8	+0,1	9,0	+2,5
Ливия	24,0	+5,3	9,0	+2,5
Голден Тайгер	24,2	+5,5	6,0	-0,5
White sugar lump	25,0	+6,3	4,5	-2,0
НСР ₀₅	1,2			
Среднеспелая группа				
Синчевский, стандарт	21,9	0,0	7,0	0,0
Buch Jubilee (США)	26,7	+4,8	10,0	+3,0
Местный (Турция)	40,7	+18,8	7,0	0,0
Местный (Иран)	28,1	+6,2	10,0	+3,0
Yellow Flesh (США)	18,5	-2,4	9,0	+2,0
Moon and stars yellow (Франция)	32,0	+10,1	9,0	+2,0
НСР ₀₅	1,6			

В раннеспелой группе сортов самым коротким вегетационным периодом обладал образец KX 01 Jing Xin – 60 суток, стандарт сорт Зенит – 75 суток. По раннеспелости также выделился образец White sugar lump – 65 суток. Показатели содержания сухих веществ на уровне стандарта, сорта арбуза Зенит, были у образцов Снежок и Васко – 12,2 %.

Ранее было отмечено, что красная окраска мякоти доминирует над розовой. В настоящее время одним из требований товаропроизводителей к новым сортам и гибридам арбуза является красная окраска мякоти, поэтому нами проводился отбор исходного материала по этому признаку. В раннеспелой группе по окраске мякоти были отобраны следующие образцы: KX 01 Jing Xin, Ранний 6, Снежок, Васко, Ливия.

По длине вегетационного периода в средней группе на уровне стандарта был образец Местный (Иран) – 84 сут. Остальные образцы созрели раньше стандарта на 4 дня. Высоким содержанием сухих веществ в соке плода в средней группе отличались образцы Buch Jubilee (США) и Местный (Турция) – 13,0 %, стандарт сорт Синчевский – 12,0 % (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика отобранных образцов по длине вегетационного периода, содержанию сухих веществ и окраске мякоти

Table 2 – Characteristics of the selected samples by the length of the growing season, the content of dry matter and the color of the pulp

Название образца / Sample name	Длина вегетационного периода, сутки / The length of the growing season, days	Содержание сухих веществ, % / Solids content, %		Окраска мякоти / Color of the pulp
		Среднее / Average	Отклонение от стандарта / Deviation from the standard	
Раннеспелая группа				
Зенит, стандарт	75	12,2	0,0	красная
Местный (Кыргызстан)	77	9,4	-2,8	розовая
Ранний 6	76	10,2	-2,0	красная
Снежок	75	12,2	0,0	красная
KX 01 Jing Xin	60	11,0	-1,2	ярко-красная
Backo	79	12,2	0	красная
Ливия	74	11,8	-0,4	красная
Голден Тайгер	74	11,6	-0,6	желтая
White sugar lump	65	11,5	-0,7	белая
НСР ₀₅		0,6		
Среднеспелая группа				
Синчевский, стандарт	84	12,0	0,0	розовая
Buch Jubilee (США)	80	13,0	+1,0	ярко-розовая
Местный (Турция)	80	13,0	+1,0	розовая
Местный (Иран)	84	10,5	-1,5,	розовая
Yellow Flesh (США)	80	11,0	-1,0	оранжевая
Moon and stars yellow (Франция)	80	11,6	-0,4	оранжевая
НСР ₀₅		0,7		

В результате исследований нами были отобраны образцы арбуза с различным цветом мякоти: белой, желтой, оранжевой. Эти образцы отобраны с целью их использования в гибридизации для увеличения сортимента отечественных сортов и гибридов арбуза по окраске мякоти.

Одним из важнейших факторов, влияющих на урожайность бахчевых культур, в том числе и арбуза, является устойчивость сортов и гибридов к заболеваниям. Основными заболеваниями арбуза в зоне Волгоградского Заволжья являются фузариоз (*Fusarium oxysporum* f. sp. Niveum) и антракноз (*Colletotricum Lagerarium* (Pass.)). Фузариоз поражает сосуды растений, что впоследствии приводит к их гибели. Антракноз может поражать все наземные части растений, но основной вред наносит плодам. На Быковской опытной станции ведутся исследования по комплексной устойчивости арбуза к антракнозу и фузариозу на искусственном инфекционном фоне.

В ходе анализа было выявлено, что восприимчивее всех изучаемых образцов как к фузариозному увяданию, так и антракнозу является образец Лотос, фузариозом поражен на 33,3 %, антракнозом – на 100 % при балле поражения 2,3. Наиболее устойчи-

вым оказался образец Таврийский, у которого практически отсутствовали симптомы увядания растений. Этот же образец характеризовался и высокой устойчивостью к антракнозу, поражение плодов при искусственной инокуляции отмечен у 30 % растений с низким баллом поражения (таблица 3).

Таблица 3 – Устойчивость образцов арбуза к антракнозу и фузариозу

Table 3 – Resistance of watermelon samples to anthracnose and fusarium

Образец / Sample	Поражение фузариозом/ Fusarium disease		Поражение плодов антракнозом/ Fruit damage by anthracnose		
	Процент поражения / Loss percentage	Отклонение от стандарта / Deviation from the standard	Процент поражения / Loss percentage	Отклонение от стандарта / Deviation from the standard	Балл поражения / Defeat score
Зенит, st	24,6	0	100	0	1,3
Verona	15,0	-9,6	70	-30,0	1,0
Снежок	18,2	-6,4	100	0,0	1,1
Таврийский	0,0	-24,6	30	-70,0	0,3
Лотос	33,3	+8,7	100	0,0	2,3

Выводы.

В результате изучения коллекционных образцов арбуза столового были выделены 14 генетических источников хозяйственно-ценных признаков.

Образцы арбуза, отобранные в раннеспелой группе, могут быть использованы в качестве исходного материала для получения следующей модели сорта: короткий вегетационный период (65-75 суток), высокая урожайность, ярко-красная окраска мякоти, высокое содержание сухих веществ.

Для получения сортов и гибридов арбуза среднего срока созревания, с высокой потенциальной урожайностью, крупными плодами, с содержанием сухих веществ не ниже 12% в качестве исходного материала целесообразно использовать образцы Bush Jubilee (США), Местный (Иран) и Местный (Турция).

Таким образом, все выделенные образцы будут использованы при создании различных моделей сортов и гибридов арбуза для различных направлений селекции.

Библиографический список

1. Буренин В. И., Артемьева А. М. Роль сорта при импортозамещении (на примере овощных культур) // АгроСнабФорум. 2018. № 6 (162). С. 54-57.
2. Буренин В. И., Артемьева А. М., Виноградов З. С. Генофонд для селекции овощных культур (Отделу овощных культур ВИР – 90 лет) // Овощи России. 2014. № 2. С. 8-13.
3. Варивода Е. А., Бочерова И. Н., Варивода Г. В. Коллекционные образцы Быковской станции – исходный материал для создания новых сортов арбуза // Овощи России. 2019. № 1 (45). С. 37-41.
4. Влияние площадей питания на индекс плода в первичном семеноводстве арбуза / Е. А. Варивода [и др.] // Овощи России. 2018. № 5. С. 36-39.
5. Елацкова А. Г. Разнообразие коллекции тыквы и ее наследственный потенциал. Результаты и перспективы селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (2). С. 77-82.
6. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2011. 211 с.
7. Малыева С. В., Бочерова И. Н., Корнилова М. С. Использование исходного материала в селекции арбуза и дыни // Известия ФНЦО. 2020. № 2. С. 68-72.
8. Никулина Т. М., Курунина Д. П., Масленникова Е. С. Генетические источники и новый исходный материал для селекции тыквы в условиях Нижнего Поволжья // Овощи России. 2018. № 4 (42). С. 39-43.

9. Овощеводство – одно из приоритетных направлений сельскохозяйственного производства / В. Ф. Пивоваров [и др.] // Овощи России. 2020. № 1. С. 3-15.

10. 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.

11. Фурса Т. Б. Селекция бахчевых культур. Ленинград, 1988.

12. Gusmini G. Wehner T. C. Qualitative inheritance of the skin pattern and color of the watermelon pulp. *J. Hered.* 2006. № 97. P. 177-185.

13. Netzer D., Weintall K. Inheritance of resistance to race 1 *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum // *Plant Disease*. 1980. № 64. P. 863-854.

14. Rhodes B. B. Selection of *Citrullus colocynthis* with multigenic resistance to *Colletotrichum lagenarium* race 2 // *Cucurbit Genet. Coop. Rpt.* 1991. № 14. P. 92-95.

Conclusion. As a result of studying collection samples of table watermelon, 14 genetic sources of economically valuable traits were identified.

Watermelon samples taken in the early ripening group can be used as a starting material to obtain the following model of the variety: short growing season (65-75 days), high yield, bright red color of the pulp, high dry matter content.

To obtain varieties and hybrids of watermelon of medium ripening, with high potential yield, large fruits, with a dry matter content of at least 12%, it is advisable to use samples of Buch Jubilee (USA), Local (Iran) and Local (Turkey) as a starting material.

Thus, all selected samples will be used to create various models of varieties and hybrids of watermelon for various directions of breeding.

References

1. Burenin V. I., Artem'eva A. M. The role of the variety in import substitution (for example, vegetable crops) // *AgroSnabForum*. 2018. № 6 (162). P. 54-57.

2. Burenin V. I., Artemyeva A. M., Vinogradov Z. S. Germplasm of vegetable crops (Department of vegetable crops of VIR H 90th anniversary) All // *Vegetable crops of Russia*. 2014. № 2. P. 8-13.

3. Varivoda E. A., Bocherova I. N., Varivoda G. V. The collection samples of watermelon of Bikovskaya cucurbits station are the initial material for the selection of new varieties // *Vegetable crops of Russia*. 2019. № 1. P. 37-41.

4. The influence of space power on the index of the fetus in primary seed production of watermelon / E. A. Varivoda [et al.] // *Vegetable crops of Russia*. 2018. № 5. P. 36-39.

5. Elatskova A. G. Diversity of the pumpkin collection and its hereditary potential. Results and prospects of breeding practice // *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019. № 180 (2). P. 77-82.

6. Litvinov S. S. Field experiment technique in vegetable growing. Moskva: Rossel'hoz akademiya, 2011. 211 p.

7. Malueva S. V., Bocherova I. N., Kornilova M. S. Use of the source material in the selection of watermelon and melon // *News of FSVC*. 2020. № 2. P. 68-72.

8. Nikulina T. M., Kurunina D. P., Maslennikova E. S. Genetic sources and new source material for breeding pumpkins in the lower Volga Region // *Vegetable crops of Russia*. 2018. № 4. P. 39-43.

9. Vegetable growing is one of the priority areas of agricultural production / V. F. Pivovarov [et al.] // *Vegetable crops of Russia*. 2020. № 1. P. 3-15.

10. Piskunova T. M., Tajpakova A. A. Evaluation of samples of melons and gourds of the Vir collection by early maturity, productivity and taste // *Agrarian Russia*. 2020. № 3. P. 8-12.

11. Fursa T.B. Selection of melons and gourds. Leningrad, 1988. 48 p.

12. Gusmini G. Wehner T. C. Qualitative inheritance of the skin pattern and color of the watermelon pulp. *J. Hered.* 2006. № 97. P. 177-185.

13. Netzer D., Weintall K. Inheritance of resistance to race 1 *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum // *Plant Disease*. 1980. № 64. P. 863-854.

14. Rhodes B. B. Selection of *Citrullus colocynthis* with multigenic resistance to *Colletotrichum lagenarium* race 2 // *Cucurbit Genet. Coop. Rpt.* 1991. № 14. P. 92-95.

Authors Information

Varivoda Elena Aleksandrovna Senior Researcher Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", (RF, 404067, Volgogradskaya oblast', Bykovskij rajon, p. Zelyonyj) ORCID: 0000-0001-5580-4813 elena-varivoda@mail.ru

Koleboshina Tat'yana Gennad'evna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" ((RF, 404067, Volgogradskaya oblast', Bykovskij rajon, p. Zelyonyj) ORCID: 0000-0003-1700-3446 BBSOS 34 @ yandex. ru

Fomin Sergej Denisovich, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Professor of the Mechanics Department, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Maslennikova Ekaterina Sergeevna, Researcher Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", (RF, 404067, Volgogradskaya oblast', Bykovskij rajon, p. Zelyonyj) ORCID: 0000-0001-5211-557X

Информация об авторах

Варивода Елена Александровна, старший научный сотрудник Быковской бахчевой селекционной опытной станции - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный)

ORCID: 0000-0001-5580-4813 elena-varivoda@mail.ru

Колешина Татьяна Геннадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Быковской бахчевой селекционной опытной станции - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный) ORCID: 0000-0003-1700-3446

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, профессор кафедры «Механика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент. ORCID: 0000-0001-7910-9284 E-mail: fsd_58@mail.ru

Масленникова Екатерина Сергеевна, научный сотрудник Быковской бахчевой селекционной опытной станции - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный) ORCID: 0000-0001-5211-557X

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-24

INFLUENCE OF THE VARIABILITY OF SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS ON THE SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL LANDS PRODUCTIVITY

S.V. Kupriyanova¹, E.V. Melikhova

¹*Russian Research Institute of Land Reclamation, Novocherkassk*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 28.01.2021

Submitted 22.03.2020

Summary

The aim of the study was to analyze the stability of agricultural land productivity under changes in such natural factors as the zoning of the territory, precipitation, soil, and land reclamation measures.

Abstract

Introduction. The sustainability of agricultural land productivity is a direct consequence of the variability of soil and climatic conditions, including temperature, precipitation, dry winds, etc. The consequence of this is the need to take into account the level of variability that affects the sustainability of agricultural yields. **Object.** The object of research was the reclaimed agricultural lands of the regions of the Russian Federation. The aim of the study was to analyze the sustainability of the productivity of

agricultural land with changes in such natural factors as the zonality of the territory, precipitation, soil, reclamation measures. **Materials and methods.** To establish the dependence of the influence of soil and climatic factors on fluctuations in the yield of agricultural crops, an analysis of statistical data was carried out that numerically characterizes the dependence of the yield of grain crops on moisture availability, reclamation measures, etc. conditions of natural moisture supply, was carried out according to data for the period from 1990 to 2017. **Results and conclusions.** Today in Russia only 19% of arable land can be provided with an optimal water regime for the cultivation of crops. Of these, 11% is located in the zone with favorable moisture supply, where the amount of precipitation exceeds 700 mm / year, and 8.1% is reclaimed land, where the necessary water regime is artificially maintained. Recommendations are formulated for the use of reclamation techniques for various natural zones, which affect the increase in the sustainability of the productivity of agricultural lands in various climatic zones, allowing the efficient use of land resources. Studies have shown that unforeseen weather conditions (droughts) affect the decrease in the sustainability of crop yields, while reclamation measures (irrigation) contribute to an increase in the sustainability of crop yields.

Keywords: *land reclamation, agricultural land irrigation, irrigated land, production sustainability, increasing production sustainability, agricultural production, climate zones.*

Citation. Kupriyanova S.V., Melikhova E.V. Influence of the variability of soil and climatic conditions on the sustainability of agricultural lands productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 231-240 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-24.

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 631.6:338.43

ВЛИЯНИЕ ВАРИАТИВНОСТИ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

С. В. Куприянова¹, научный сотрудник
Е. В. Мелихова², доктор технических наук, доцент

¹Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.01.2021

Дата принятия к печати 04.04.2021

Актуальность. Устойчивость продуктивности сельскохозяйственных земель является прямым следствием вариативности почвенно-климатических условий, в том числе температуры, осадков, суховея и др. Следствием этого является необходимость учета уровня вариативности, оказывающего влияние на устойчивость урожаев сельскохозяйственной продукции. **Объект.** Объектом исследований являлись мелиорируемые земли сельскохозяйственного назначения регионов Российской Федерации. **Цель.** Целью исследования являлся анализ устойчивости продуктивности сельскохозяйственных земель при изменении таких природных факторов, как зональность территории, осадки, почвы, мелиоративные мероприятия. **Материалы и методы.** Для установления зависимости влияния почвенно-климатических факторов на колебания урожайности сельскохозяйственных культур проведен анализ статистических данных, численно характеризующих зависимость урожайности зерновых культур от влагообеспеченности, мелиоративных мероприятий и др. Анализ динамики роста и межгодичных колебаний урожайности зерновых культур и риса, выращенных в условиях естественной влагообеспеченности, проводился по данным за период с 1990 по 2017 годы. **Результаты и выводы.** На сегодняшний день в России всего 19 % пахотных земель могут быть обеспечены оптимальным водным режимом для возделывания сельскохозяйственных культур. Из них 11 % находится в зоне с благоприятной влагообеспеченностью, где количество

осадков превышает 700 мм/год, а 8,1 % составляют мелиорируемые земли, где искусственно поддерживается необходимый водный режим. Сформулированы рекомендации по применению мелиоративных приемов для различных природных зон, влияющих на повышение устойчивости продуктивности сельскохозяйственных земель в различных природно-климатических зонах, позволяющих эффективно использовать земельные ресурсы. Исследования показали, что непредвиденные погодные условия (засухи) влияют на уменьшение устойчивости урожайности, при этом мелиоративные мероприятия (орошение) способствуют повышению устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: орошение сельхозугодий, зональные системы земледелия, устойчивость сельскохозяйственного производства, климатические зоны, зональность территорий.

Цитирование. Куприянова С. В., Мелихова Е. В. Влияние вариативности почвенно-климатических условий на устойчивость продуктивности сельскохозяйственных земель. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 231-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-24.

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. Вариативность природных факторов оказывает существенное влияние на особенности сельскохозяйственного производства, что необходимо учитывать при проектировании зональных систем земледелия [1-3, 5]. Целью исследования является анализ устойчивости продуктивности сельскохозяйственных земель при изменении таких природных факторов, как осадки, виды почв, мелиоративные мероприятия, зональность территорий.

Анализ структуры посевных площадей показывает, что ранее в России преобладало производство кормовых и зерновых культур, которые составили почти 80 %. При возделывании зерновых культур предпочтение отдавалось пшенице (65 %), при этом немаловажную роль отводят рисоводческой отрасли [6, 7]. Основным способ выращивания пшеницы – это богарное земледелие, при котором урожайность коррелируется с погодными факторами. Благоприятными условиями при выращивании зерновых, в том числе риса и зернобобовых культур, является использование водной мелиорации, которая снижает риски недостаточного количества осадков и других негативных природных факторов, влияющих на урожай [4].

В обширном обзоре [11, 13] представлены различные аспекты проблемы в сфере поддержки принятия решений для управления орошением сельскохозяйственных культур, в том числе с использованием IT-технологий, представлены основные тенденции технических и технологических решений в мелиорации [12, 14]. Однако практически полное отсутствие анализа зарубежного опыта несколько снижает значимость представленных выводов. В то же время исследователями США, Израиля, Турции, а также стран ЕС накоплен определённый опыт применения исследования систем орошения, прежде всего ресурсосберегающего – капельного [8, 9, 11].

Материалы и методы. Для установления зависимости влияния погодного фактора, а именно засух на колебания урожайности сельскохозяйственных культур проведен анализ зависимости урожайности от влагообеспеченности на примере кукурузы на зерно ЦФО и ЮФО (таблица 1) [1].

Межгодовые изменения урожайности зерновых культур, включая рис, возделываемых в естественных природных условиях, анализировались по данным за период с 1990 по 2017 годы.

Таблица 1 – Показатели урожайности кукурузы на зерно в регионах РФ по годам в зависимости от количества выпавших атмосферных осадков [1]

Table 1 – Indicators of corn yield for grain in the regions of the Russian Federation by year, depending on the amount of precipitation [1]

Субъект РФ / Subject of the Russian Federation	Погодные влияния (осадки, мм) Weather effects (precipitation, mm)		Урожайность, ц/га % от средней урожайности за 2009-2012 гг. / Yield, c / ha % from the average yield for 2009-2012.			
	Диапазон за год / Range for the year 2010, average for May-July % of the average value	2010 г., средний показате- ль за май – июль % от среднего значения / 2010, average for May- July % of the average value	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
ЦФО / Central Federal District						
Ворон.обл. / Voronezh region	410–540	$\frac{201}{43}$	$\frac{31}{98}$	$\frac{11}{34}$	$\frac{41}{131}$	$\frac{44}{138}$
Тамбов. обл. / Tambov region	410–540	$\frac{204}{42}$	$\frac{45}{111}$	$\frac{11}{27}$	$\frac{48}{117}$	$\frac{60}{146}$
Рязан. обл. / Ryazan region	410–540	$\frac{256}{54}$	$\frac{60}{145}$	$\frac{19}{45}$	$\frac{42}{102}$	$\frac{45}{108}$
Моск.обл. / Moscow oblast	410–540	$\frac{468}{74}$	$\frac{40}{74}$	$\frac{25}{46}$	$\frac{76}{140}$	$\frac{76}{141}$
ЮФО / Southern Federal District						
Волгог.обл. / Volgograd region	240–400	$\frac{276}{85}$	$\frac{26}{112}$	$\frac{12}{53}$	$\frac{27}{118}$	$\frac{27}{114}$

Результаты и обсуждение. Проведенный сравнительный анализ тенденции урожайности зерновых культур и риса с 1990 по 2017 г., выращиваемых на орошении и богарном земледелии, выявил, что темпы роста урожайности риса с применением орошения выше, чем зерновых культур без применения водных мелиораций. Это подтверждается данными средней урожайности риса за 1990–1994 гг. – 29,86 ц/га, а за 2013–2017 гг. – 54,38 ц/га, что на 82 % выше. Урожайность зерновых и зернобобовых культур (без применения орошения) увеличилась всего на 48 %, так как за 1990–1994 гг. она равнялась 17 ц/га, а за 2013–2017 гг. – 25,3 ц/га. Из-за природных условий с недостаточностью водообеспечения Волгоградская область в текущем 2021 г. может потерять от 866 до 2208 тыс. тонн озимой пшеницы от объема урожая прошлого года 4,33 миллиона тонн. Одним из основных факторов получения стабильно высоких урожаев в условиях орошаемого земледелия сельскохозяйственных культур являются минеральные и органические удобрения. Учеными филиала ФГБУ «Россельхозцентр» доказано, что на благоприятном агрофоне за многолетний период расход оросительной воды на биосинтез единицы сухого вещества выращиваемых культур в степных и сухостепных зонах уменьшается на 20-30 %, а в полупустынной – на 15-20 %. Это говорит о том, что ранневесенняя азотная подкормка, а также предпосевные рядковые удобрения сельскохозяйственных культур должны быть обязательными приемами технологий адаптивно-ландшафтного земледелия Юга России.

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что для Воронежской области 2010 год характеризуется как средnezасушливый (43 % осадков от среднегодовой нормы), при этом урожайность кукурузы на зерно составила 34 % от средней урожайности за период 2009-2012 гг. Качественно близкие результаты получены и на соседних регионах.

В 2020 году волгоградские аграрии посеяли 1,5 млн га озимых. Погодные условия в период вегетации 2020 г. на территории как Волгоградского региона, так и Юга России были засушливыми, поскольку осадков не было четыре месяца. Вследствие этого всходы озимых культур на большей части посевов отсутствовали. Оценка полевой всхожести посевов в хозяйствах Волгоградской области показала, что в Южных районах, таких как Октябрьский, Котельниковский, Чернышковский, Светлоярский, из-за отсутствия осадков семена находились в жизнеспособном состоянии в сухой почвенной среде и при выпадении требуемого объема осадков могли показать дружные всходы, при этом снижение полевой всхожести составило бы от 0 до 4 %.

Однако в ряде северных районов Волгоградской области - Еланский, Николаевский, Новониколаевский, Руднянский, Серафимовичский, Суровикинский, Фроловский, Урюпинский, гибель высеванных семян составляет от 20 до 51%. Это произошло на полях тех хозяйств, где был спровоцирован рост семян с недостаточной влагообеспеченностью вследствие продолжительного отсутствия осадков.

Таким образом, из-за природных условий с недостаточностью водообеспечения Волгоградская область в текущем 2021 году может потерять от 866 до 2208 тыс. т озимой пшеницы от объема урожая прошлого года 4,33 миллиона т.

На сегодняшний день в России всего 19 % пахотных земель могут быть обеспечены оптимальным водным режимом для возделывания сельскохозяйственных культур. Из них 11 % находится в зоне с благоприятной влагообеспеченностью, где количество осадков превышает 700 мм/год, а 8,1 % составляют мелиорируемые земли, где искусственно поддерживается необходимый водный режим с применением мелиоративных технологий [9].

Исследования показали, что непредвиденные погодные условия (засухи) влияют на уменьшение устойчивости урожайности, при этом мелиоративные мероприятия (орошение) способствуют повышению устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур.

Зависимость влияния водных мелиораций на устойчивость производства сельхозпродукции в России и США по данным на 2018 год представлена в таблице 2).

Таблица 2 – Показатели влагообеспеченности пашни в Российской Федерации и США

Table 2 – Indicators of moisture availability of arable land in the Russian Federation and the United States

Показатель / Indicator	Значение, % / Value, %		Примечание / Note
	РФ / Russian Federation	США / USA	
Процент пашни с достаточной влагообеспеченностью / Proportion of arable land with sufficient soil moisture	11	60	Количество осадков > 700 мм/год; / Precipitation > 700 mm / year;
Процент пашни в зоне с недостаточной влагообеспеченностью / The share of arable land in the zone with insufficient soil moisture	40	1	Количество осадков =< 400 мм/год / Precipitation = < 400 mm / year
Процент мелиорированных земель от всей пашни / Share of reclaimed land from all arable land	8	39	Не достаточно для РФ / Not enough for the Russian Federation

Из таблицы 2 следует, что для возделывания растениеводческой продукции в оптимальных природных условиях на территории РФ находится около 19 % пашни. В США, напротив, большая часть пашни расположена в условиях оптимальной влажности.

Сравнивая коэффициенты биологической продуктивности почв, характеризующие скорость прироста биомассы, в США по сравнению с Россией, отметим, что его значение для США в 1,87 раза больше [3, 4].

Проанализировав структуру посевных площадей, выявили, что ранее в России преобладало производство кормовых и зерновых культур, которые составили почти 80 %. Следует отметить, что при возделывании зерновых культур предпочтение отдавалось пшенице (65 %), при этом немаловажную роль отводят рисоводческой отрасли. Основной способ выращивания пшеницы – это богарное земледелие, при котором урожайность коррелируется с погодными факторами. Благоприятными условиями при выращивании зерновых, в том числе риса и зернобобовых культур, является использование водной мелиорации, которая снижает риски недостаточного количества осадков и других негативных природных факторов, влияющих на урожай.

Проведенный сравнительный анализ тенденции урожайности зерновых культур и риса с 1990 по 2017 г., выращиваемых на орошении и богарном земледелии выявил, что темпы роста урожайности риса с применением орошения выше, чем зерновых культур без применения водных мелиораций (рисунок 1) [1, 5]. Приведенные на рисунке 1 данные показывают, что средняя многолетняя урожайность риса за 1990–1994 гг. составляла 29,86 ц/га, а за 2013–2017 гг. – 54,38 ц/га, что на 82 % выше. Урожайность зерновых и зернобобовых культур (без применения орошения) увеличилась всего на 48 %, так как за 1990–1994 гг. она равнялась 17 ц/га, а за 2013–2017 гг. – 25,3 ц/га.

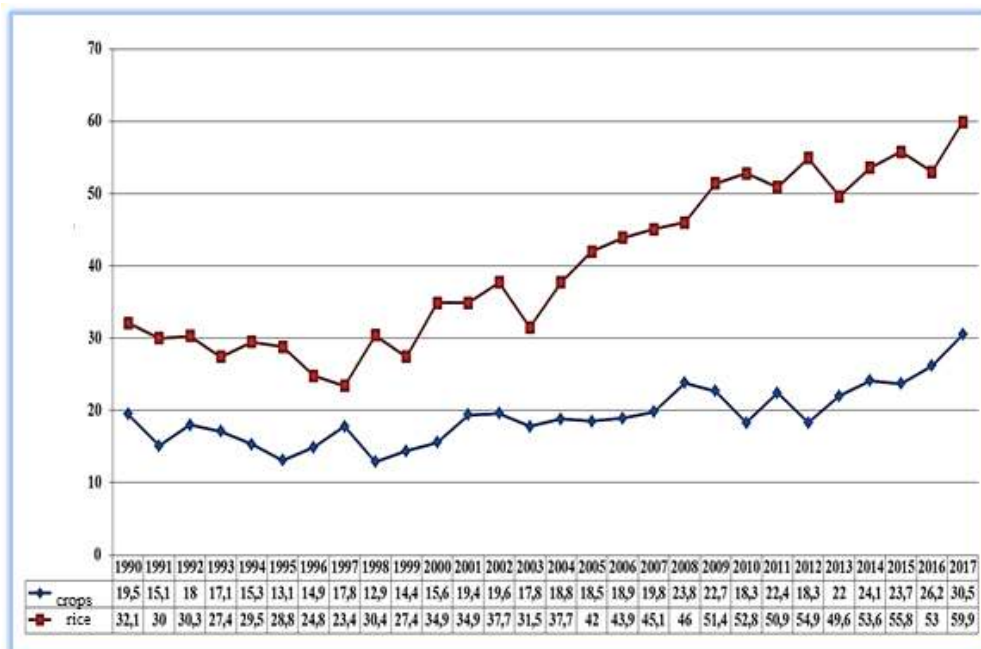


Рисунок 1 – Динамика урожайности зерновых (не рисовых) культур и риса, ц/га [2]

Figure 1 – Dynamics of yield of grain (non-rice) crops and rice, c / ha [2]

Это объясняется тем, что рис – водная культура, которая не подвержена погодным рискам. А селекция и новые технологии позволяют увеличивать его урожайность. Урожайность зерновых и зернобобовых культур без орошения, несмотря на прогресс в

селекции и технологиях, в большей части зависит от природной влагообеспеченности и температуры, которые создают оптимальный водный режим почвы, и способствуют повышению ее плодородия.

При анализе имеющиеся данных (рисунок 2) установлено, что среднегодовой удельный темп прироста урожайности зерновых и зернобобовых культур без орошения за 1991-2017 гг. составил 0,39 ц/ (га год), а риса в 2,5 раза больше, а именно 0,96 ц/(га год) [1, 2].

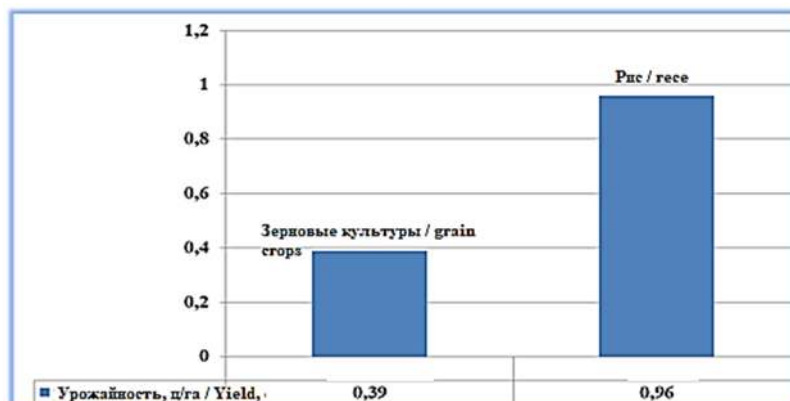


Рисунок 2 – Удельный темп роста урожайности зерновых за период 1990-2017 гг., (ц/га в год)

Figure 2 – Specific growth rate of grain productivity for the period 1990-2017, (c / ha per year)

Одним из основных факторов получения стабильно высоких урожаев в условиях орошаемого земледелия сельскохозяйственных культур являются минеральные и органические удобрения.

Учеными филиала ФГБУ «Россельхозцентр» установлено, что на благоприятном агрофоне за многолетний период расход оросительной воды на биосинтез единицы сухого вещества выращиваемых культур в степных и сухостепных зонах уменьшается на 20-30 %, а в полупустынной – на 15-20 %. Это говорит о том, что ранневесенняя азотная подкормка, а также предпосевные рядковые удобрения сельскохозяйственных культур должны быть обязательными приемами технологий адаптивно-ландшафтного земледелия Юга России.

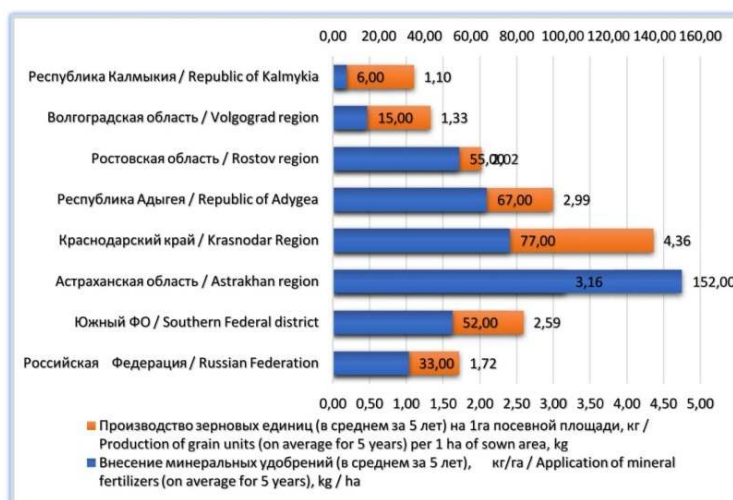


Рисунок 3 – Зависимость производства сельскохозяйственных культур от внесения минеральных удобрений

Figure 3 – Dependence of crop production on the application of mineral fertilizers

Применение удобрений важно потому, что на протяжении десятилетий на полях Волгоградской области имеет место отрицательный почвенный баланс питательных веществ, то есть вынос превышает их поступление. Согласно научно обоснованной системе сухого земледелия для обеспечения бездефицитного баланса, ежегодно необходимо вносить более 65 кг д.в. минеральных удобрений на гектар. Однако аграриями Волгоградской области вносится порядка 15 кг д.в. на гектар. Это приводит к снижению плодородия и деградации почв.

На рисунке 3 приводится детальный анализ зависимости производства зерновых культур от объема минеральных удобрений.

В результате проведенных исследований установлено, что оросительные мелиорации способствуют восьмикратному росту эффективности минеральных удобрений. В то же время внесение удобрений почти в три раза увеличивает прибавку урожайности в условиях орошения [14]. Совместное влияние упомянутых факторов обеспечит повышение эффективности мелиоративных мероприятий, в результате которых достигаемая урожайность существенно превзойдет их порозненное влияние. Вследствие этого возрастает бонитет почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

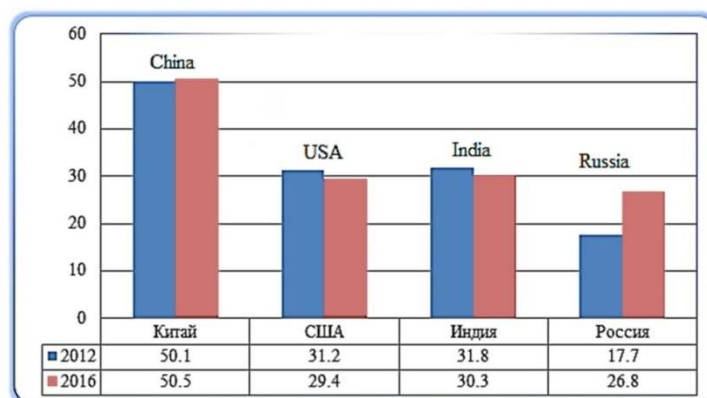


Рисунок 4 – Зависимость урожайности пшеницы (ц /га) от погодных условий в странах с разным уровнем использования орошаемых земель

Figure 4 – Dependence of wheat yield on weather conditions in countries with different levels of irrigated land use

Выводы. Прямым следствием влияния количества орошаемых земель на продуктивность является стабильность сельскохозяйственного производства. Сравнивая величины удельной урожайности пшеницы в неблагоприятный 2012 с благоприятным 2016 годом, можно констатировать, что в странах, которые развивают мелиорацию, колебания удельной урожайности пшеницы не превышают 5 % (США и Индии) и одного процента (Китай), тогда как в России эти колебания превышают 51 %.

Библиографический список

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской федерации в 2017 году // Аналитический центр Минсельхоза России. https://www.mcsas.ru/monitoring-zemel/state_land/.
3. Куприянова С. В. К вопросу влияния мелиорации земель на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 135-151. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=640>.
4. Куприянова С. В. Основные направления и принципы водосбережения при осуществлении водных мелиораций на орошаемых землях Юга России // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4. С. 9-14.

5. Техника и технологии фертигации при возделывании сельскохозяйственных культур / Е. В. Мелихова, А. Ф. Рогачев, В. В. Бородычев, В. М. Гуренко // Научная жизнь. 2017. № 5. С. 4-15.
6. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1(33). С. 1-11. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>.
7. Щедрин В. Н. Мелиорация в России: Проблемы и перспективы // Мелиорация и водное хозяйство. Спецвыпуск. 2018. С. 30-36.
8. Canopy light utilization and yield of rice under rain-catching and controlled irrigation / H. Lu [et al.] // Water (Switzerland). 2018. V. 10. № 10. P. 1340.
9. Makannikova M. V., Lapshakova L. A. Improving the rice irrigation practice in priamurie // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. P. 42045.
10. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring / T. Cheng [et al.] // Remote Sens. 2016. № 8. P. 116.
11. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference Agro-CON-2019. 2019. P. 012092.
12. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.
13. Theory and technologies of irrigation control for crops based on information technologies decision support and mathematical modeling / K. E. Tokarev [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. V. 4(60). P. 433-448.
14. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13(13). P. 4181-4184. www.scopus.com.

Conclusions. A direct consequence of the influence of the amount of irrigated land on productivity is the stability of agricultural production. Comparing the values of the specific yield of wheat in an unfavorable 2012 with a favorable 2016 (Fig. 4), it can be stated that in countries that develop land reclamation, the fluctuations in the specific yield of wheat do not exceed 5% (USA and India) and one percent (China), while in Russia these fluctuations exceed 51%.

References

1. Report on the peculiarities of the climate on the territory of the Russian Federation for 2018. Moscow: Roshydromet, 2019. 79 p.
2. Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation in 2017 // Analytical Center of the Ministry of Agriculture of Russia. https://www.mcxac.ru/monitoring-zemel/state_land.
3. Kupriyanova S. V. On the issue of the influence of land reclamation on sustainable agricultural production // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. № 4 (36). P. 135-151. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=640>.
4. Kupriyanova S. V. Main directions and principles of water saving in the implementation of water reclamation on irrigated lands of the South of Russia // Melioration and Water Management. 2019. No. 4. Pp. 9-14.
5. Technique and technologies of fertigation in the cultivation of agricultural crops / E. V. Melikhova, A. F. Rogachev, V. V. Borodychev, V. M. Gurenko. 2017. No. 5. P. 4-15.
6. Shchedrin V. N., Vasilyev S. M. Conceptual and methodological principles (fundamentals) of the development strategy of land reclamation as a national heritage of Russia // Scientific journal of Russian research Institute of reclamation problems. 2019. No. 1(33). P. 1-11. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>.
7. Shchedrin V. N. Melioration in Russia: Problems and prospects // Melioration and water management. Special Issue. 2018. P. 30-36.

8. Canopy light utilization and yield of rice under rain-catching and controlled irrigation / H. Lu [et al.] // Water (Switzerland). 2018. V. 10. № 10. P. 1340.
9. Makannikova M. V., Lapshakova L. A. Improving the rice irrigation practice in priamurie // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. P. 42045.
10. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring / T. Cheng [et al.] // Remote Sens. 2016. № 8. P. 116.
11. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference Agro-CON-2019. 2019. P. 012092.
12. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.
13. Theory and technologies of irrigation control for crops based on information technologies decision support and mathematical modeling / K. E. Tokarev [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. V. 4(60). P. 433-448.
14. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13(13). P. 4181-4184. www.scopus.com.

Authors Information

Kupriyanova Svetlana Vyacheslavovna, Researcher, Postgraduate Student, Federal State Budgetary Institution "Russian Research Institute of Land Reclamation Problems," (346420, Rostov Region, Novocherkassk, 190 Baklanovskiy pr.), E-mail: sched-rikova@bk.ru

Melikhova Elena Valentinovna, Head of the Department of Mathematical Modeling and Computer Science of Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd Region, Universitetsky Prospekt, 26.), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: mel-v07@mail.ru

Информация об авторах

Куприянова Светлана Вячеславовна, научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346420, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т. Баклановский, 190), E-mail: sched-rikova@bk.ru

Мелихова Елена Валентиновна, заведующий кафедрой математического моделирования и информатики федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, E-mail: mel-v07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-25

YIELD AND YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF WINTER WHEAT VARIETIES OF COMPETITIVE VARIETY TESTING IN THE SAMARA REGION

G. Ya. Maslova, I. I. Sharapov, Yu.A. Sharapova

*Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing
named after P. N. Konstantinov, Samara*

Received 12.02.2021

Submitted 11.05.2021

Summary

The article presents the results of the study of new and promising varieties of winter wheat in different meteorological conditions in the years. It is established that all the studied varieties can form a full-fledged grain in both favorable and unfavorable weather conditions.

Abstract

Introduction. Currently, one of the main tasks facing the selection of agricultural crops is the creation of highly productive varieties that are resistant to environmental stress factors. The article deals with an important scientific direction related to the influence of weather conditions on the main elements of

the structure and yield of new and promising varieties of winter wheat. Objective: to evaluate new and promising winter wheat varieties of competitive variety testing based on the results of structural analysis in different weather conditions in the years. **Object:** Winter wheat varieties of competitive variety testing. **Materials and methods.** The article presents data for 2017-2019 on the productivity and elements of the crop structure in different weather conditions in the Samara region. The research was carried out on the experimental fields of the Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov according to the Method of the state variety testing of agricultural crops and the Method of field experience of B. A. Dospekhov. **Results and conclusions.** It was found that in a favorable weather conditions in 2017, a high yield was obtained for varieties: from 4.9 to 5.6 t / ha. Productivity indicators: the weight of grain per ear (2.1-2.5 g), the weight of 1000 grains (51.2-52.6 g) and the number of grains per ear (from 44 to 48) corresponded to a high yield. In 2019, there were unfavorable weather conditions (low moisture content in the soil before sowing, no precipitation and high maximum air temperatures of 29-33 °C in the spring-summer growing season). However, the varieties of our selection, adapted to the local weather conditions of the changing climate, were able to form a grain yield of 2.6 to 3.1 t / ha. Promising varieties Povolzhskaya nadezhda, Povolzhskaya 30, Erythrospermum 3765 exceeded the standard Povolzhskaya 86 by 0.5-0.7 t / ha. The new varieties had a weight of 1000 grains from 44.4 to 45.6 g, 43-44 grains per ear and a weight of 2.0 g per ear. Thus, the studied varieties are able to form a full-fledged grain in both favorable and unfavorable weather conditions years.

Keywords: winter wheat, crop structure, weight of 1000 grains, number of grains, weight of grain per ear, yield.

Citation. Maslova G. Ya., Sharapov I. I., Sharapova Yu.A. Yield and yield structure elements of winter wheat varieties of competitive variety testing in different weather conditions in the Samara region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 240-246 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-25.

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 633.111.1

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ КОНКУРСНОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. Я. Маслова, ведущий научный сотрудник
И. И. Шарапов, младший научный сотрудник
Ю. А. Шарапова, агроном-исследователь

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский
научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова,
г. Самара, Россия

Дата поступления в редакцию 12.02.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед селекцией сельскохозяйственных культур, является создание высокопродуктивных сортов, устойчивых к стрессовым факторам внешней среды. В статье рассматривается важное научное направление, связанное с влиянием погодных условий на основные элементы структуры и урожайность новых и перспективных сортов озимой пшеницы. Цель – оценка новых и перспективных сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания по результатам структурного анализа в различные по метеоусловиям годы. **Объект.** Сорта озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания. **Материалы и методы.** В статье представлены данные за 2017-2019 гг. по продуктивности и элементам структуры урожая в различные по метеоусловиям годы в условиях Самарской обла-

сти. Исследования проводились на опытных полях Поволжского НИИСС по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и Методике полевого опыта Доспехова Б. А. **Результаты и выводы.** Установлено, что в благоприятном по погодным условиям 2017 году получена высокая урожайность по сортам: от 4,9 до 5,6 т/га. Показатели продуктивности: масса зерна с колоса (2,1-2,5 г), масса 1000 зерен (51,2-52,6 г) и количество зерен в колосе (от 44 до 48 шт.) соответствовали высокой урожайности. В 2019 году сложились неблагоприятные метеоусловия (низкое содержание влаги в почве перед посевом, отсутствие осадков и высокие максимальные температуры воздуха 29-33 °С в весенне-летний период вегетации). Однако сорта нашей селекции, адаптированные к местным погодным условиям изменяющегося климата, смогли сформировать урожайность зерна от 2,6 до 3,1 т/га. Перспективные сорта Поволжская надежда, Поволжская 30, Эритроспермум 3765 превысили стандарт Поволжская 86 на 0,5-0,7 т/га. Новые сорта имели массу 1000 зерен от 44,4 до 45,6 г, 43-44 зерна в колосе и массу зерна с колоса 2,0 г. Таким образом, изучаемые сорта способны формировать полноценное зерно как в благоприятные, так и в неблагоприятные по метеоусловиям годы.

Ключевые слова: озимая пшеница, структура урожая пшеницы, масса 1000 зерен, количество зерен, урожайность озимой пшеницы.

Цитирование: Маслова Г. Я., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Урожайность и элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания в различные по метеоусловиям годы в условиях Самарской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 240-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-25.

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 увеличении продуктивности сортов большая роль принадлежит селекции. Конечной целью работы селекционера является создание сортов с максимально высоким уровнем продуктивности, высоким качеством зерна, устойчивых к абио- и биотическим стрессам [3, 4, 8, 12]. Использование таких сортов является основой получения стабильных урожаев [7]. Потенциально возможный урожай сорт формирует при соблюдении всех условий технологии возделывания [6]. Сорт должен быть толерантен к местным расам и штаммам болезней, обладать устойчивостью к вредителям и высокой конкурентоспособностью сорнякам, а также должен быть приспособлен к местным условиям возделывания [1, 9, 10, 11].

Масса зерна с колоса, по мнению академика П. П. Лукьяненко (1990), является одним из важных элементов продуктивности. Величину урожая зерна формируют элементы структуры: масса 1000 зерен, количество зерен, масса зерна с колоса. При проведении селекционного процесса необходимо изучать основные структурные элементы, за счет которых формируется урожайность сорта. Продуктивность сорта определяется сочетанием количественных признаков, являющихся результатом взаимодействия внешней среды и генотипа [2].

Достаточные запасы влаги в почве перед посевом озимой пшеницы и в период вегетации являются решающим фактором повышения урожайности в Самарской области [5].

Материалы и методы. Полевые опыты закладывались в 2017-2019 гг. на опытных полях Поволжского НИИСС по соответствующей методике (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1989). Исследования проводились на сортах конкурсного сортоиспытания: Поволжская 86 (стандарт), Поволжская нива (включена по 7 и 9 регионам в Госреестр селекционных достижений с 2017 года), Поволжская надежда (проходит государственное сортоиспытание) и перспективные

сорта: Поволжская 30 и Эритроспермум 3765. Посев проводился сеялкой СНЦ-10. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Размер делянки 25 м², повторность четырехкратная. Лабораторные исследования проводили по соответствующим методикам (Доспехов Б. А., 2014). Для анализа элементов продуктивности определялись масса 1000 зерен, масса зерна с колоса и количество зерен в колосе.

Результаты и обсуждение. Погодные условия в годы исследований (2017-2019 гг.) были различными, что оказало влияние на урожайность сортов и элементы структуры. Высокая урожайность сортов – от 4,9 до 5,6 т/га – получена в благоприятном 2017 г., когда перед посевом в первой декаде сентября выпало 42,0 мм, а за месяц – 117,4 мм осадков. Получены полноценные всходы, растения раскустились, имели дополнительно 2-3 стебля на растение. Озимая пшеница прошла фазу закаливания при благоприятных условиях, среднесуточной температуре 10,3 °С и незначительных осадках (23,4 мм).

Благоприятным был и летний период вегетации для роста и развития растений. В июне выпало значительное количество осадков – 129,6 мм, в июле – 22,4 мм. Невысокие среднемесячные температуры воздуха – 20,9 °С – способствовали хорошему наливу зерна и формированию у сортов высокой урожайности – от 4,9 до 5,6 т/га. В таблице 1 представлены данные структурного анализа исследуемых сортов.

Таблица 1 – Урожайность и элементы структуры исследуемых сортов

Table 1 – Yield and structural elements of the studied varieties

Сорт / Variety	Масса 1000 зерен, г. / Weight of 1000 grains, g			Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains, pcs.			Масса зерна колоса, г. / Weight of grain per ear, g			Урожайность, т/га / Crop yield, t/ha		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Поволжская 86-st / Povolzhskaya 86-st	49,0	40,0	43,8	41,0	37,0	42,0	1,9	1,5	1,9	4,9	3,4	2,4
Поволжская нива / Povolzhskaya niva	51,2	40,3	44,4	44,0	38,0	43,0	2,1	1,6	2,0	4,9	3,5	2,6
Поволжская надежда/ Povolzhskaya nadezhda	52,0	40,6	45,2	44,0	39,0	43,0	2,3	1,8	2,0	5,0	3,8	2,9
Поволжская 30 / Povolzhskaya 30	52,6	41,2	45,6	48,0	39,0	43,0	2,5	1,8	2,0	5,6	3,5	2,9
Эритроспермум 3765/ Erythrospermum 3765	52,2	41,6	45,3	46,0	39,0	44,0	2,3	1,8	2,0	5,3	3,8	3,1

Как видно из представленных данных, изучаемые сорта различались по количеству зерен в колосе. Наибольшее количество зерен отмечалось в благоприятном 2017 году (44-48 шт.). Масса зерна с колоса в зависимости от условий года и сорта варьировала от 2,1 до 2,5 г. Выше 2,3-2,5 г. она была по перспективным сортам Поволжская 30 и Поволжская надежда.

При определении нормы высева, всхожести и жизнеспособности семенного материала учитывается крупность зерна (масса 1000 зерен). Данный показатель колебался у изучаемых сортов в пределах 51,2-52,6 г. Перспективные сорта превышали стандарт на 2,2-3,6 г.

Самым неблагоприятным для проведения исследований был 2018-2019 гг., когда перед посевом в августе и сентябре выпало незначительное количество осадков, в связи с чем были получены изреженные всходы. Растения, взошедшие осенью, сформировали

основной урожай. Весенне-летний период вегетации оказался также неблагоприятным. В мае наблюдался дефицит осадков на фоне повышенных температур (на 2,4 °С выше среднегоголетнего показателя). Формирование зерновки и налив зерна проходили при повышенных температурах воздуха (в июне до 33 °С) и минимальных осадках (7,7 мм). Созревание зерна (июль) проходило при высокой температуре и полном отсутствии осадков. В таких жестких условиях наши сорта, обладающие комплексной устойчивостью к неблагоприятным условиям внешней среды, смогли сформировать урожай от 2,6 до 3,1 т/га. Перспективные сорта: Поволжская надежда, Поволжская 30 и Эритроспермум 3765 превысили стандарт Поволжская 86 на 0,5-0,7 т/га. Новые сорта имели массу 1000 – 44,4-45,6 г, 43-44 зерна в колосе, массу зерна с колоса 2,0 г, у стандарта соответственно – 43,8 г масса 1000 зерен, 42 зерна и 1,9 г зерна с колоса.

2018 год в исследованиях по метеоусловиям оказался между благоприятным 2017 годом и неблагоприятным 2019 годом. Посев провели в 2017 г. в первой декаде сентября, когда выпало 45,4 мм осадков. Кущение и закладка озимой пшеницы проходили при благоприятных условиях, среднесуточной температуре воздуха 7,6 °С и незначительных осадках. Весенне-летний период характеризовался жарким маем (максимум температуры до 29,7 °С) и незначительными осадками (20,2 мм). В июне также выпало малое количество осадков (18,7 мм) на фоне высокой температуры воздуха (максимум до 35,2 °С). В первой и второй декадах июля, на фоне высокой температуры (36,4 °С), выпало 41,9 мм осадков, что способствовало лучшему наливу и созреванию зерна. В этих условиях по нашим сортам получена урожайность от 3,5 до 3,8 т/га. Однако такие погодные условия снизили количество зерен в колосе (38-39 шт.), массу 1000 зерен (40,3-41,5 г) и массу зерна с колоса (1,6-1,8 г).

Выводы. Исследования показали, что в Самарской области в период налива зерна в отдельные годы нередко засухи. Однако изучаемые сорта, устойчивые к стрессовым факторам, приспособлены к формированию полноценного зерна в различные по метеоусловиям годы. В результате проведенных исследований отмечено колебание урожайности и элементов структуры по годам. Потенциальная продуктивность сортов на уровне 4,9 – 5,6 т/га получена в благоприятном 2017 году. В засушливых условиях 2019 года урожайность по сортам составила от 2,6 до 3,1 т/га. Однако показатели элементов структуры урожая были высокими. Объясняется это тем, что с осени не были получены полноценные всходы. Растения на делянках были изреженные, что не оказало отрицательного влияния на показатели структуры урожая.

Библиографический список

1. Дорохов Б. А., Васильева Н. М. Хозяйственно-биологическая характеристика нового поколения сортов озимой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20. № 1. С. 75-80.
2. Ковтун В. И. Высокопродуктивная, сильная озимая пшеница универсального типа Виктория 11 // Известия Оренбургского ГАУ. 2012. № 4 (36). С. 45-47.
3. Ковтун В. И., Сухарева А. А. Урожайность и элементы ее структуры у новых генотипов пшеницы мягкой озимой в условиях юга России // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 16-19.
4. Левакова О. В., Банникова М. И. Скрининг перспективных сортообразцов озимой мягкой пшеницы по элементам структуры урожайности и ее стабильности в условиях центра Нечерноземья // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 1. С. 36-41.
5. Маслова Г. Я., Абдраев М. Р., Шарапов И. И. Зависимость урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы от различных метеоусловий в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(50). С. 42-46.

6. Продуктивность и элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в условиях «АНЦ «Донской» / С. Н. Громова, О. В. Скрипка, А. П. Самофалов, С. В. Подгорный, О. А. Некрасова, В. Л. Чернова // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 3. С. 26-29.

7. Рустамов Х. Н., Акпаров З. И., Аббасов М. А. Адаптивный потенциал сортов пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) Азербайджана // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. № 4. С. 22-28.

8. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш., Сапега С. В. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. № 10. С. 22-26.

9. Селекционная ценность устойчивого к болезням исходного материала пшеницы в условиях Зауралья / Л. Т. Мальцева, Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова, Н. В. Ионина // *Вестник ОмГАУ*. 2019. № 1 (33). С. 21-30.

10. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в ФГБНУ «АНЦ «Донской» / О. В. Скрипка, С. В. Подгорный, А. П. Самофалов, В. Л. Чернова // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 6. С. 19-25.

11. Dragomir C. L. Behavior of some winter wheat cultivars under Dobrogea conditions // *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2017. V. LX. P. 241-245.

12. Káš M., Mühlbachová G., Kusá H. Winter wheat yields under different soil-climatic conditions in a long-term field trial // *Plant, Soil Environ*. 2019. № 65. P. 27-34.

Conclusions. Studies have shown that in the Samara region during the period of grain loading in some years, droughts are not uncommon. However, the studied varieties that are resistant to stress factors are adapted to the formation of full-fledged grain in different weather conditions in years. As a result of the conducted studies, the fluctuation of yield and structure elements over the years was noted. The potential productivity of the varieties at the level of 4.9 – 5.6 t / ha was obtained in a favorable 2017 year. In the dry conditions of 2019, the yield for varieties ranged from 2.6 to 3.1 t / ha. However, the indicators of the elements of the crop structure were high. This is explained by the fact that since autumn, full-fledged shoots have not been obtained. The plants on the plots were sparse, which did not have a negative impact on the indicators of the crop structure.

References

1. Dorokhov B. A., Vasilyeva N. M. Economic and biological characteristics of the new generation of winter wheat varieties // *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2020. V. 20. № 1. Pp. 75-80.

2. Kovtun V. I. High-productive strong winter wheat variety of the universal type: Viktoria-11 // *Izvestiya Orenburgskogo GAU*. 2012. № 4 (36). Pp. 45-47.

3. Kovtun V. I., Sukhareva A. A. Productivity and elements of its structure in new genotypes of soft winter wheat of the south of Russia // *The Agrarian Scientific Journal*. 2020. № 11. Pp. 16-19.

4. Levakova O. V., Bannikova M. I. Creen of promising varieties of soft winter wheat by elements of the yield structure and its stability under the conditions of the center of the Non-black earth region // *Vestnik APK Verkhnevolzhya*. 2019. № 1. Pp. 36-41.

5. Maslova G. Ya., Abdryayev M. R., Sharapov I. I. Dependence of yield and grain quality of winter soft wheat varieties on various weather conditions in the Middle Volga forest steppe // *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2020. № 2(50). Pp. 42-46.

6. Productivity and its structure elements of the winter soft wheat varieties and lines in the competitive variety-testing conducted by the ARC «Donskoy» / S. N. Gromova, O. V. Skripka, A. P. Samofalov, S. V. Podgornyy, O. A. Nekrasova, V. L. Chernova // *Grain Economy of Russia*. 2019. № 3. Pp. 26-29.

7. Rustamov KH. N., Akparov Z. I., Abbasov M. A. Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan // *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020. № 4. Pp. 22-28.

8. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh., Sapega S. V. Productivity and parameters of stability of grades of grain crops // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012. № 10. Pp. 22-26.

9. Breeding importance of disease-resistant parent material of wheat in the conditions of Trans-Urals / L. T. Maltseva, E. A. Filippova, N. Yu. Bannikova, N. V. Ionina // *Vestnik OmGAU*. 2019. № 1 (33). С. 21-30.

10. The breeding work on the winter bread wheat varieties of intensive type in the FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy» / O. V. Skripka, S. V. Podgornyy, A. P. Samofalov, V. L. Chernova // Grain Economy of Russia. 2020. № 6. Pp. 19-25.

11. Dragomir C. L. Behavior of some winter wheat cultivars under Dobrogea conditions // Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2017. V. LX. Pp. 241-245.

12. Káš M., Mühlbachová G., Kusá H. Winter wheat yields under different soil-climatic conditions in a long-term field trial // Plant, Soil Environ. 2019. № 65. Pp. 27-34.

Authors' Information:

Maslova Galina Yakovlevna, leading researcher, head of the laboratory of breeding and seed production of winter wheat Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov AuthorID 897084.

Sharapov Ivan Ivanovich, junior researcher of the laboratory of selection and seed production of winter wheat Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov ORCID 0000-0002-7222-9993, AuthorID 836171, **E-mail:** scharapov86@mail.ru

Sharapova Yuliya Andreevna, the agronomist-researcher of laboratory of selection and seed growing of winter wheat Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov ORCID 0000-0003-0197-8513, AuthorID 791942, **E-mail:** belyaeva.u.a@yandex.ru

Информация об авторах:

Маслова Галина Яковлевна, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская обл., г.о.Кинель, п.г.т.Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76). AuthorID 897084

Шарапов Иван Иванович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская обл., г.о.Кинель, п.г.т.Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76). ORCID 0000-0002-7222-9993, AuthorID 836171, **E-mail:** scharapov86@mail.ru

Шарапова Юлия Андреевна, агроном-исследователь лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская обл., г.о.Кинель, п.г.т.Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76). ORCID 0000-0003-0197-8513, AuthorID 791942, **E-mail:** belyaeva.u.a@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-26

STUDY OF SYNTHETIC PHEROMONES FOR MONITORING OF THE GOLDEN TWIN-SPOT MOTH *CHRYSOIDEIXIS CHALCITES*

E. V. Sinitsyna, V. E. Glebov, N. Z. Fedoseev, N.I. Kulakova

All-Russian Center for Plant Quarantine –

«All-Russian Research Institute for Plant Quarantine», Moscow region

Received 30.12.2020

Submitted 04.04.2021

Summary

The study of synthetic pheromones for monitoring of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites* was conducted within the framework of the State task (R&D registration number: AAAAA 20-12071490011-8). Golden twin-spot moth is a regulated quarantine pest of the territory of the Russian Federation (Unified list of quarantine organisms of the Eurasian Economic Union from 30.11.2016). It causes damages to several economically important crops, especially, in greenhouses (tomato, pepper, etc.). This paper presents the results of a sex pheromone synthesis and its field trial for monitoring of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*. The developed method provides the use of monoene alcohol acetates as key stages of the alkylation reaction with α -bromo- Ω -chloralkanes of the corresponding lithium derivatives in liquid ammonia. The efficacy evaluation of synthetic pheromones on the attraction and capture of the golden twin-spot moth males was also studied.

Abstract

Introduction. One of the main tasks of the National Plant Protection Organizations is to establish the phytosanitary status of the country's territory. Phytosanitary monitoring of the Russian Federation territory for *Chrysodeixis chalcites* has never been carried out. The development of the golden twin-spot moth synthetic pheromone for such monitoring receives priority. **Object** of the study is a synthetic pheromone of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*. **Materials and methods.** The development of synthesis and the production of the synthetic pheromone samples of the golden twin-spot moth were carried out in the Laboratory of pheromones synthesis and application of the All-Russian Plant Quarantine Center. A gray rubber septum lures from bromobutyl were impregnated with different synthetic pheromone mixtures. Five variants of the mixtures were tested in five replications. Mixture variants were tested with Rhomb type traps made of thick laminated cardboard. Traps with all pheromone mixture variants were fixed at a height of 1.5–2.0 m at the beginning of the pest flight. Traps were placed on a randomized way at a minimum distance from each other - 30-50 m. The traps were monitored weekly. **Results and conclusions.** During the first stage of the research work in 2020, a new method of the pheromone component synthesis was developed for the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*. New synthesis schemes provide the use of monoene alcohol acetates as key stages of the alkylation reaction with α -bromo- Ω -chloralkanes of the corresponding lithium derivatives in liquid ammonia, which reduces the number of synthesis stages and avoids the need for chromatographic purification of the obtained intermediates. Thus, two components of the golden twin-spot moth pheromone: Z7-dodecene-1-ol acetate (Z7-12Ac) and Z9-tetradecene-1-ol acetate (Z9-14Ac) were synthesized. The developed synthesis of Z11-hexadecene-1-ol acetate (Z11-16Ac) by alkylation of 10-bromodecane-1-ol tetrahydropyran ether with a lithium derivative of 1-hexene in liquid ammonia allowed achieving a high 99% stereoisomeric purity of the product. The developed method of Z-9-dodecene-1-ol acetate (Z9-12Ac), in which the alkylation of the lithium derivative of tetrahydropyran ether 9-decine-1-ol with brom-ethane in liquid ammonia was used as a key stage, made it possible to avoid working with dangerous butene-1 gas. During the field trials, the attractiveness of four variants of the synthetic pheromone mixtures was confirmed. Based on the results of the first stage of the work, it can be assumed that the presence of acetates with Z7- and Z9- dibonds (Z7-12Ac, Z9-12Ac, and Z9-14Ac) is necessary to be in the synthetic pheromone mixture composition to attract the target type. Z11-hexadecene-1-ol acetate (Z11-16Ac) possibly could be an attraction inhibitor. The exact role of the components will be specified in further work.

Key words: Golden twin-spot moth, *Chrysodeixis chalcites*, organic synthesis, insect pheromones, plant quarantine, monitoring, invasion

Citation. Sinitsyna E. V., Glebov V. E., Fedoseev N. Z., Kulakova N.I. Study of synthetic pheromones for monitoring of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 246-259 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-26.

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 632.937

РАЗРАБОТКА ФЕРОМОННОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗОЛОТИСТОЙ ДВУХПЯТНИСТОЙ СОВКИ *CHRYSODEIXIS CHALCITES*

Е. В. Сеницына, научный сотрудник

В. Э. Глебов, научный сотрудник

Н. З. Федосеев, старший научный сотрудник

Н. И. Кулакова, агроном

Всероссийский центр карантина растений - ВНИИКР, р.п. Быково, МО

Дата поступления в редакцию 30.12.2020

Дата принятия к печати 04.04.2021

Аннотация. Настоящие исследования, проводимые в рамках Государственного задания (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А20-120071490011-8), посвящены разработке феромонного препарата для выявления и мониторинга золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites* – ограниченно распространённого на территории Российской Федерации карантинного

вредителя ряда экономически важных сельскохозяйственных культур (Единый перечень карантинных организмов Евразийского экономического союза от 30.11.2016 г.), особенно тепличных культур таких как томат, перец и др. В ходе исследований была разработана новая методика синтеза полового феромона золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*, которая предусматривает использование ацетатов моноеновых спиртов в качестве ключевых стадий реакции алкилирования α -бром- Ω -хлоралканами соответствующих литиевых производных в жидком аммиаке. Также было изучено влияние синтетических феромонных препаратов на привлечение и отлов самцов золотистой двухпятнистой совки.

Актуальность. Одной из основных задач национальных организаций по карантину и защите растений является установление фитосанитарного состояния территории страны. Фитосанитарный мониторинг территории Российской Федерации по данному виду ни разу не проводился. Создание синтетического феромонного препарата золотистой двухпятнистой совки для проведения такого мониторинга является актуальной задачей. **Объектом** исследования является синтетический феромон золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*. **Материалы и методы.** Разработка методики синтеза и производство опытной партии синтетического феромона золотистой двухпятнистой совки проводились в лаборатории синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений. Синтетическая феромонная смесь была нанесена на диспенсеры из бромбутилкаучука. Полевые испытания полученной синтетической смеси проводили на территории Республики Абхазия. Были испытаны пять вариантов опыта в пятикратной повторности. Варианты смеси испытывали в однотипных клеевых ромбовидных ловушках из плотного ламинированного картона. Ловушки со всеми вариантами феромонной смеси вывешивали одновременно в период начала лёта вредителя на высоте 1,5–2,0 м. Ловушки размещали на опытном участке рандомизированно на минимальном расстоянии друг от друга – 30–50 м. Проверку ловушек осуществляли еженедельно. **Результаты и выводы.** В ходе первого этапа исследований в 2020 году была разработана новая методика синтеза ряда компонентов феромона золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*. Новые схемы синтеза предусматривают использование для получения ацетатов моноеновых спиртов в качестве ключевых стадий реакции алкилирования α -бром- Ω -хлоралканами соответствующих литиевых производных в жидком аммиаке, что позволяет сократить количество стадий синтеза и избежать необходимости хроматографической очистки полученных промежуточных соединений. Таким способом были осуществлены синтезы двух компонентов феромона золотистой двухпятнистой совки: ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac) и ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac). Разработанный синтез ацетата Z11-гексадецен-1-ола (Z11-16Ac) методом алкилирования тетрагидропиранового эфира 10-бромдекан-1-ола литиевым производным 1-гексина в жидком аммиаке позволил достичь высокой 99 %-й стереоизомерной чистоты продукта. Метод получения ацетата Z-9-додецен-1-ола (Z9-12Ac), при котором в качестве ключевой стадии использовали алкилирование литиевого производного тетрагидропиранилового эфира 9-децин-1-ола бромэтаном в жидком аммиаке, позволил избежать работы с опасным газообразным бутином-1. В ходе биоиспытаний была подтверждена аттрактивность четырёх вариантов синтетической феромонной смеси. По итогам первого этапа испытаний может быть сделано предположение о необходимости для привлечения целевого вида наличия в составе синтетической феромонной смеси ацетатов с Z7- и Z9- положением двойной связи (Z7-12Ac, Z9-12Ac и Z9-14Ac). Ацетат Z11-гексадецен-1-ола – Z11-16Ac – возможно, является ингибитором привлечения. Точную роль компонентов предстоит подтвердить в ходе дальнейших экспериментов.

Ключевые слова: золотистая двухпятнистая совка, *Chrysodeixis chalcites*, органический синтез феромонов, феромоны насекомых, карантин растений.

Цитирование. Сеницына Е. В., Глебов В. Э., Федосеев Н. З., Кулакова Н. И. Разработка феромонного препарата для мониторинга золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 246–259. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-26.

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. Совки рода *Chrysodeixis* (Lepidoptera: Noctuidae) широко известны как опасные карантинные вредители многих видов полевых и овощных культур, а также декоративных растений [10, 13]. Несмотря на то, что виды данного рода обитают преимущественно в странах тропического и субтропического пояса, вредоносные временные популяции часто образуются в летний период в гораздо более северных регионах [8, 12]. В странах умеренного климата совки рода *Chrysodeixis* наиболее опасны в теплицах, где они могут развиваться без диапаузы, т.е. непрерывно в течение сезона [5, 8, 11]. В частности, от гусениц золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789) часто страдают растения томата, перца, огурца, гороха, салата, укропа, гвоздики, хризантемы, герберы, амариллиса [6, 10, 13]. Многие из перечисленных культур являются экономически важными и традиционно выращиваются в южных регионах европейской части России в открытом и закрытом грунте. Питание гусениц приводит к уменьшению урожая, снижению его качества и росту производственной стоимости растительной продукции [5, 8, 10]. В различных странах мира при карантинном досмотре импортируемого растительного материала отмечены неоднократные обнаружения гусениц, которые специалистами по диагностике были идентифицированы как «похожие на гусениц *Chrysodeixis chalcites*» [10]. Золотистая двухпятнистая совка *Chrysodeixis chalcites* представляет карантинную опасность для агропромышленного комплекса РФ и входит в Перечень ограниченно распространённых карантинных объектов ЕАЭС [1].

Основными преимуществами феромонных ловушек является их строгая видоспецифичность, высокая чувствительность, длительность работы и дальность действия. Синтетический половой феромон насекомого, нанесённый на специфический диспенсер (носитель), может обеспечить эффективную работу ловушки на протяжении от 1-го до 3-х месяцев. При этом имаго вредителя может быть выявлено на подконтрольной территории, начиная с самых ранних стадий внедрения, при столь низкой численности, что выявление визуальным методом практически невозможно.

В литературе самыми распространёнными методами синтеза компонентов феромона *Chrysodeixis chalcites*, Z7-додецен-1-ола(I), Z9-тетрадецен-1-ола(II), Z11-гексадецен-1-ола(III) и Z9-додецен-1-ола(IV) являются синтезы на основе ацетиленовых соединений, в которых используются реакции алкилирования терминальных ацетиленовых групп функционально замещёнными галогенидами [3, 9]. Стереоселективное превращение тройной связи в Z-двойную связь достигается либо гидроборированием алкинов стерически затруднёнными боранами, либо каталитическим гидрированием над палладиевыми катализаторами [7] или над коллоидальным никелевым катализатором [2]. Кроме этих методов, существуют способы синтеза соединений I-IV с использованием реакции Виттига, в которых Z-двойная связь образуется в результате реакции алкилидентрифенилфосфоранов с карбонильными соединениями [4]. При использовании уже известных способов синтеза ацетиленовых соединений возникает необходимость защиты гидроксильной группы. При этом чаще всего используют тетрагидропиранильную защиту, которая очень неустойчива при высоких температурах и в кислых условиях. При этом в схеме синтеза добавляются 2 дополнительные стадии (постановки и снятия защиты). В случае замены гидроксильной группы на хлор таких неудобств не возникает. При использовании реакции Виттига продукт получается с примесью трансизомера, избавиться от которого весьма затруднительно. Также при этом приходится работать с неустойчивыми альдегидами. Поэтому данная работа посвящена поиску новых методов синтеза, позволяющих получать компоненты феромона золотистой двухпятнистой совки из недорогих и более доступных реагентов с хорошим качеством и выходом веществ.

Материалы и методы. *Химический синтез компонентов феромона.* Все стадии синтеза выполняли в химической лаборатории, оборудованной в соответствии с действующими требованиями техники безопасности, предъявляемыми к работе с пожаро-

и взрывоопасными, ядовитыми и сильнодействующими веществами. Работы проводили в вытяжном шкафу с применением средств индивидуальной защиты (перчатки, халаты, очки, экраны, противогазы и маски). Для регистрации ИК-спектров использовали спектрометр Nicolet IR 200 (в пленке). Газохроматографический анализ проводили на хроматографе Agilent 7890A с пламенно-ионизационным детектором. Использовали колонку HP – 5, L = 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, газ-носитель – азот. Масс-спектры были записаны на хроматографе 7890A с масс-спектрометрической приставкой Agilent 5975C при ионизирующем напряжении 70 eV. Использовали колонку DB – 17MS, L = 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, газ-носитель – гелий.

Все синтезы с участием веществ, чувствительных к влаге и кислороду воздуха, проводили в атмосфере аргона. Растворители (эфир, ацетонитрил, бензол, тетрагидрофуран, пиридин, пентан, дихлорметан, толуол, диметилсульфоксид) перед использованием перегоняли; эфир, бензол и тетрагидрофуран были дополнительно перегнаны над натрием металлическим, а дихлорметан абсолютирован над окисью фосфора (V). Сульфат магния и сульфат натрия были прокалены в муфельной печи при 500°C.

Результаты и обсуждение. *Ход выполнения синтеза. Синтез ацетата Z7-додецен-1-ола (I) (Z7-12Ac).* Синтез ацетата (I) осуществлен по схеме, изображенной на рисунке 1, где в качестве ключевой стадии используется алкилирование литиевого производного гексина-11-бром-6-хлоргексаном в жидком аммиаке, что позволяет уменьшить количество стадий синтеза и избежать необходимости в хроматографической очистке промежуточных соединений:

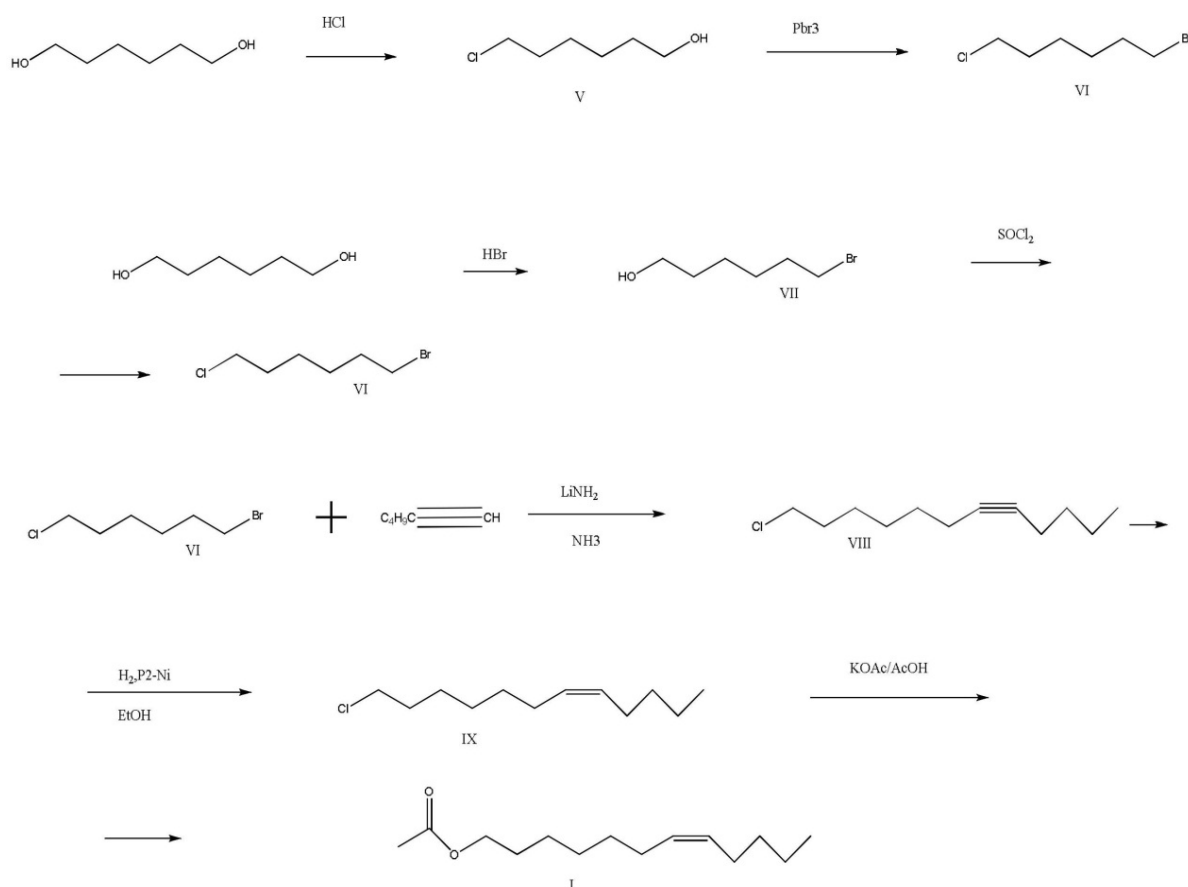


Рисунок 1 – Схема синтеза ацетата Z7-додецен-1-ола (I)

Figure 1 – Scheme of synthesis of Z7-dodecene-1-ol acetate (I)

Раствор 1,6-гександиола в бензоле интенсивно перемешивают при кипячении с разбавленной (3:2) соляной кислотой и получают 6-хлоргексан-1-ол (V), который обрабатывают трибромидом фосфора при температуре – 25 °С, затем нагревают при 35 °С 2 часа и после обработки получают 1-бром-6-хлоргексан (VI).

Альтернативный путь получения 1-бром-6-хлоргексана (VI) заключается в обработке 1,6-гександиола бромистоводородной кислотой, с получением 6-бромгексан-1-ола (VII), хлорируя который тионилхлоридом, получают 1-бром-6-хлоргексан (VI). В жидком аммиаке получают литиевое производное 1-гексина, которое алкилируют 1-бром-6-хлоргексаном (VI) в тетрагидрофуране и после обработки выделяют 1-хлордодец-7-ин (VIII). Раствор 1-хлордодец-7-ина (VIII) в этаноле гидрируют над никель-боридным катализатором в присутствии этилендиамина и получают (Z7)-1-хлордодец-7-ен (IX), нагревание которого в ледяной уксусной кислоте с ацетатом калия приводит к ацетату Z7-додецен-1-ола (I). Общий выход продукта по схеме составляет 57 %, чистота продукта по ГЖХ – 98,6 %.

Синтез ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (II) (Z9-14Ac). Синтез моноенового ацетата (II) осуществлен по схеме, представленной на рисунке 2. В качестве ключевой стадии используется алкилирование литиевого производного гексина-1 8-хлороктан-1-бромидом в жидком аммиаке, что позволяет уменьшить количество стадий синтеза и избежать необходимости в хроматографической очистке промежуточных соединений.

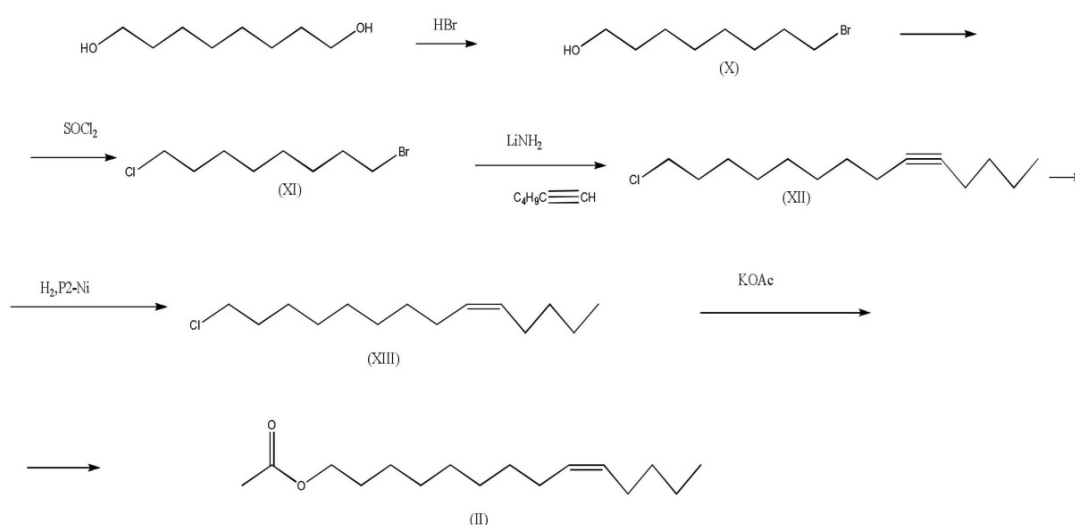


Рисунок 2 – Схема синтеза ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (II)

Figure 2 – Scheme of synthesis of Z9-tetradecene-1-ol acetate (II)

Раствор 1,8-октандиол в толуоле обрабатывают при кипячении и интенсивном перемешивании 48 %-ной бромистоводородной кислотой и получают 8-бромоктан-1-ол (X), который обрабатывают тионилхлоридом при температуре – 25 °С, затем нагревают при 75 °С 2 часа и после обработки получают 8-бромоктан-1-хлорид (XI). В жидком аммиаке получают литиевое производное 1-гексина, которое алкилируют 8-бромоктан-1-хлоридом (XI) в тетрагидрофуране и после обработки выделяют 9-тетрадецин-1-хлорид (XII). Раствор 9-тетрадецин-1-хлорида (XII) в этаноле гидрируют над никель-боридным катализатором в присутствии этилендиамина и получают Z9-тетрадецен-1-хлорид (XIII), нагревание которого в ледяной уксусной кислоте с ацетатом калия приводит к ацетату Z9-тетрадецен-1-ола (II). Общий выход продукта по схеме составляет 48 %, чистота продукта по ГЖХ – 98 %.

Синтез ацетата Z11-гексадецено-1-ола (III) (Z11-16Ac). Синтез моноенового ацетата (III) осуществлен по схеме, представленной на рисунке 3, где ключевой стадией является алкилирование тетрагидропиранилового эфира 10-бромдекан-1-ола литиевым производным 1-гексина в жидком аммиаке. Раствор 1,10-декандиола в толуоле обрабатывают при кипячении 48 %-ным раствором HBr и после обработки получают 10-бромдекан-1-ол (XIV). 10-Бромдекан-1-ол (XIV) обрабатывают 3,4-дигидро-2H-пираном в кислой среде и получают после обработки и выделения тетрагидропирановый эфир (XV), алкилированием которого литиевым производным 1-гексина в жидком аммиаке получают тетрагидропирановый эфир 10-бромдекан-1-ола (XVI), раствор которого в метаноле обрабатывают п-толуолсульфокислотой и получают 11-гексадецено-1-ол (XVII). Раствор 11-гексадецено-1-ола (XVII) в этаноле гидрируют над никель-боридным катализатором в присутствии этилендиамина и после обработки получают Z11-гексадецено-1-ол (XVIII), обработка раствора которого в бензоле ацетил хлоридом приводит к ацетату Z11-гексадецено-1-ола (III).

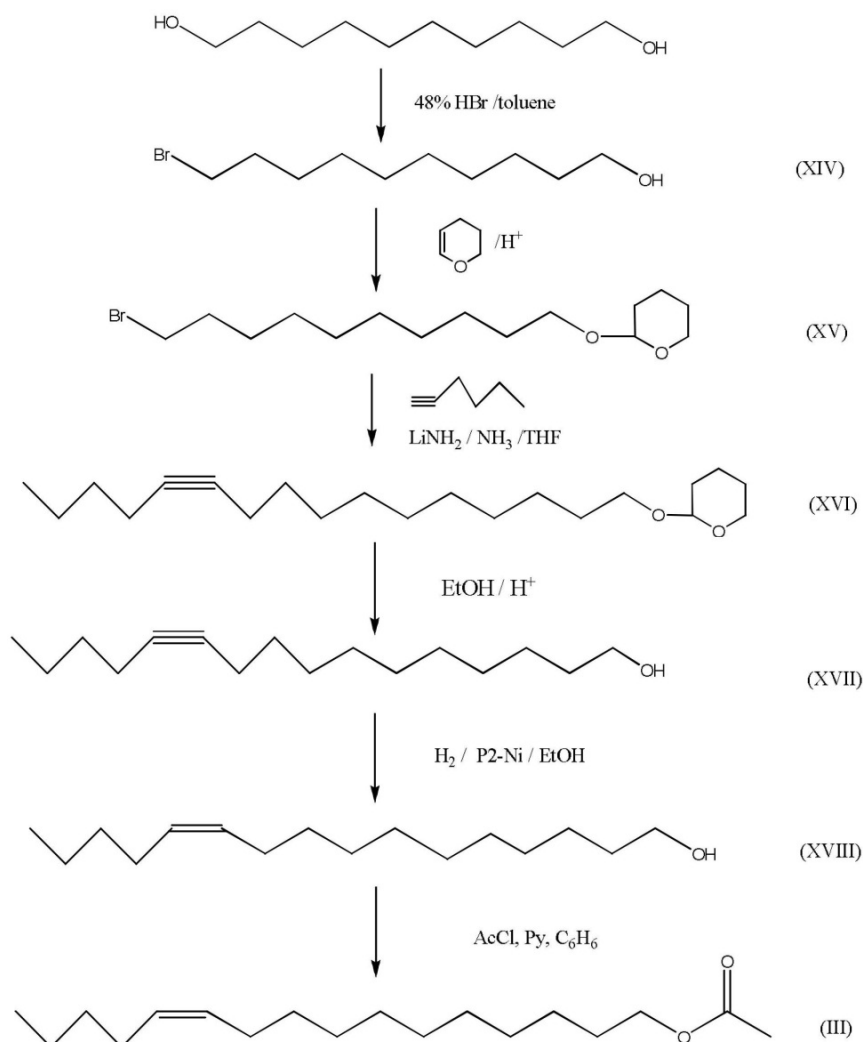


Рисунок 3 – Схема синтеза ацетата Z11-гексадецено-1-ола (III)

Figure 3 – Scheme of synthesis of Z11-hexadecene-1-ol acetate (III)

Общий выход продукта по схеме составляет 39 %, чистота продукта по ГЖХ – 97,4 %, изомерная чистота – 98,8 %.

Синтез ацетата Z9-додецен-1-ола (IV) (Z9-12Ac). Синтез моноенового ацетата (IV) осуществлен по схеме, представленной на рисунке 4, где ключевой стадией является алкилирование литиевого производного тетрагидропиранилового эфира 9-децин-1-ола бромэтаном в жидком аммиаке, при этом удается избежать работы с опасным и газообразным бутином-1. Пропаргиловый спирт алкилируют в жидком аммиаке 1-бромгептаном до 2-децин-1-ола (XIX), который действием амида натрия в этилендиаминах изомеризуют в 9-децин-1-ол (XX). Алкилирование тетрагидропиранильного эфира (XXI) в жидком аммиаке бромэтаном приводит к получению защищенного 9-додецен-1-ола (XXII), последующий гидролиз которого дает 9-додецен-1-ол (XXIII). Гидрированием над никель-боридным катализатором этот ацетиленовый спирт превращают в Z9-додецен-1-ол (XXIV). Ацетилованием раствора спирта (XXI) в бензоле ацетилхлоридом в присутствии пиридина получают ацетат Z9-додецен-1-ола (IV). Общий выход продукта по схеме составляет 25 %, чистота продукта по ГЖХ – 99 %.

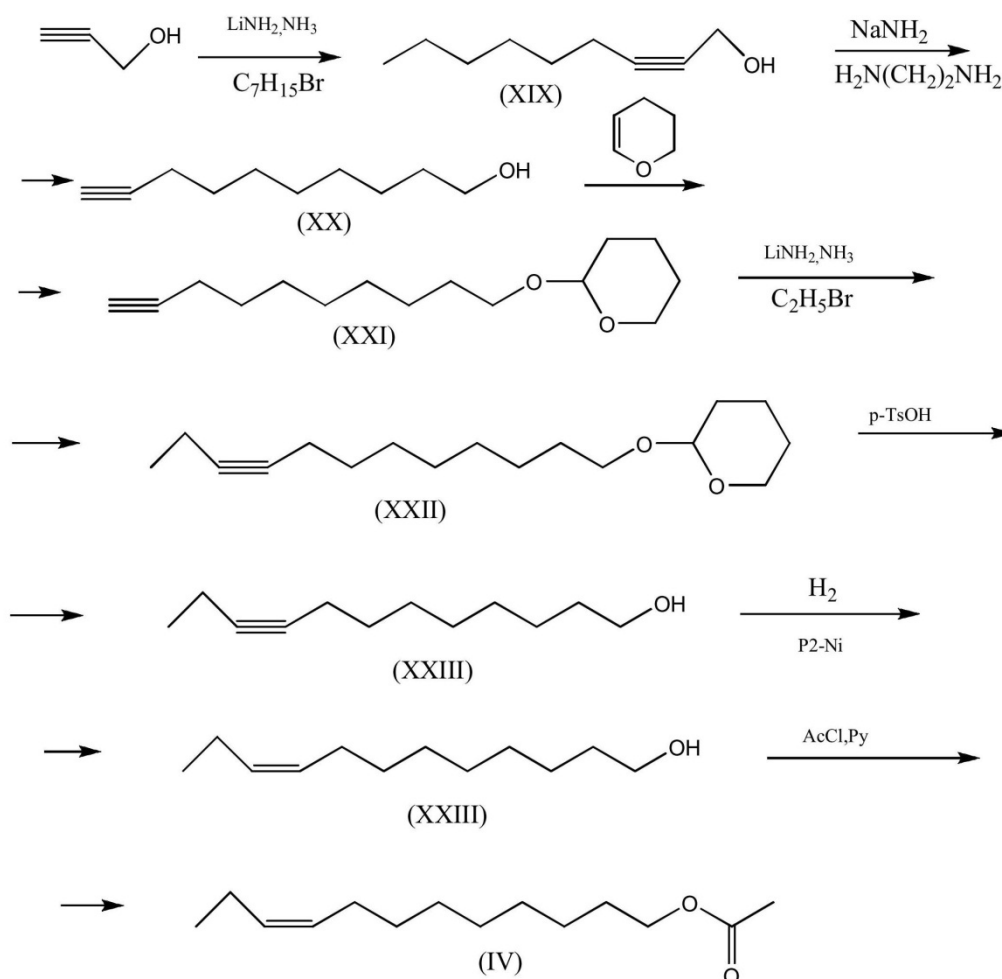


Рисунок 4 – Схема синтеза ацетата Z9-додецен-1-ола (IV)

Figure 4 – Scheme of synthesis of Z9-dodecene-1-ol acetate (IV)

Результаты химического синтеза. В качестве альтернативы описанным в литературе методам синтеза моноеновых спиртов и ацетатов проведен синтез основного компонента феромона – ацетата Z-7-додецен-1-ола (I) (Z7-12Ac) – с использованием в качестве ключевой стадии алкилирования литиевого производного гексина-1 1-бром-6-

хлоргексаном в жидком аммиаке. По аналогичной схеме проведен синтез ацетата Z-9-тетрадецен-1-ола (II) (Z9-14Ac) с использованием в качестве ключевой стадии алкилирования литиевого производного гексина-1 8-хлороктан-1-бромидом в жидком аммиаке.

Новый подход в методике синтеза двух вышеописанных компонентов феромона золотистой двухпятнистой совки – ацетата Z-7-додецен-1-ола (I) (Z7-12Ac) и ацетата Z-9-тетрадецен-1-ола (II) (Z9-14Ac) – с заменой тетрагидропиранильной группы, которая очень неустойчива при высоких температурах и в кислых условиях, позволяет уменьшить количество стадий синтеза (постановки и снятия защиты) и избежать необходимости в трудоемкой хроматографической очистки промежуточных соединений. Метод получения ацетата Z-9-додецен-1-ола (Z9-12Ac), при котором в качестве ключевой стадии использовали алкилирование литиевого производного тетрагидропиранилового эфира 9-децин-1-ола бромэтаном в жидком аммиаке, позволил избежать работы с опасным газообразным бутином-1.

Биоиспытания синтезированного феромона. На первом этапе исследований в 2020 году основной задачей опыта была предварительная оценка аттрактивности четырех вариантов синтетической феромонной смеси (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты синтетической феромонной смеси производства ФГБУ «ВНИИКР» для полевых испытаний в 2020 г.

Table 1 – Variants of synthetic pheromone preparations produced by VNIICR for field trials in 2020

Номер варианта	Состав феромонной смеси, мг				Количество повторностей
	Z7-12Ac ацетат Z7- додецен-1- ола	Z9-14Ac ацетат Z9- тетрадецен-1- ола	Z11-16Ac ацетат Z11- гексадецен-1- ола	Z9-12Ac ацетат Z9- додецен-1- ола	
I	1	0,2	0,1	-	5
II	0,75	0,25	-	-	5
III	1	-	-	0,2	5
IV	1	0,05	-	0,2	5
V	-	-	-	-	5

Синтетическая феромонная смесь была нанесена на диспенсеры из бромбутил-каучука производства КНР (резиновая пробка высотой 9 мм и диаметром 12 мм; содержание материала: вода – 0,8 %, зольный остаток – 47 %, аммоний – 0,0002 % и цинк – 0,0003 %). Диспенсеры с феромонами до применения хранили в лабораторном холодильнике в запаянных буфленовых пакетах при температуре -18 °С.

Для полевых испытаний всех вариантов синтетической смеси были предложены однотипные клеевые ромбовидные ловушки из плотного ламинированного картона (ТУ 72.11.13-080-04731278—2019, ВНИИКР). Ромбовидная ловушка представляет собой модифицированный вариант клеевой дельтовидной ловушки и используется для широкого спектра летающих насекомых. В качестве средства фиксации пойманных насекомых служил энтомологический клей «Полификс» (смесь полимеров с минеральным маслом, обладающая низкой летучестью; для человека и животных клей малотоксичен, имеет 4-й класс опасности). Диспенсер размещали на клеевом слое ловушки в день её вывешивания.

Ловушки со всеми вариантами феромонной смеси вывешивали одновременно в период начала лёта вредителя в насаждениях повреждаемых культур на кольях или на сопутствующей растительности на высоте 1,5-2,0 м. Ловушки размещали на опытном участке рандомизированно на минимальном расстоянии друг от друга - 30-50 м. Проверку ловушек и при необходимости их замену осуществляли 1 раз в 7 – 10 дней. Ловушки подлежали замене в случае утраты более чем половиной площади поверхности ловушки клеящих

свойств (в результате покрытия пойманными бабочками, случайного засорения или в результате высыхания). При этом диспенсер с феромоном замене не подлежал, его извлекали с поверхности клеящего слоя с помощью пинцета и переносили в новую ловушку.

Опыты проводили на территории Республики Абхазия (город Сухуми).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы PAST (Paleontological Statistics), версия 3.17. Для проверки достоверных различий между группами выборок применялся непараметрический попарный сравнительный анализ данных Манна–Уитни (Mann-Whitney) при $p < 0,05$. В тексте также приведены значения медиан вариантов опыта (Me). Для построения диаграмм «ящик с усами» (boxplot) использовали ПО Microsoft Excel 2016. На диаграммах приведены значения медиан (Me), а также нижний (LQ) и верхний (UQ) квартили.

Результаты полевых испытаний. Ловушки были вывешены в насаждениях на внешних границах участка культуры сорго площадью 2 га в период с 20 августа по 8 октября 2020 г. Опыт проводился в течение 50 дней. За это время на опытном участке в феромонные ловушки были пойманы экземпляры бабочек золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites* (рисунок 5). Идентификация бабочек проводилась специалистами Всероссийского центра карантина растений. Вид определяли морфологическим методом с использованием препаратов гениталий самцов.



Рисунок 5 – Отловленные в ромбовидные ловушки бабочки золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*, Республика Абхазия (г. Сухуми), 2020 г. (ориг.)

Figure 5 – Male adults of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites* caught in Rhomb traps, Republic of Abkhazia (Sukhumi), 2020 (orig.)

При обработке данных между контрольным вариантом и разными составами феромонных препаратов были выявлены статистически значимые различия по количеству отловленных бабочек в ловушки (*Mann-Whitney's test*; $p = 0,0007$) (рисунок 6).

Как видно из диаграммы на рисунке 6, количество отловленных самцов совки *C. chalcites* на ловушку было заметно выше в варианте III с двухкомпонентной смесью, состоящей из 1 мг ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac) и 0,2 мг ацетата Z9-додецен-1-

ола (Z9-12Ac), со значением медианы $Me=7$. Попарный анализ данных выявил существенную разницу между III и I вариантом (1 мг ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac)+0,2 мг ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac) +0,1 мг (Z11-16Ac)) ($Me=3$) в отлове *C. chalcites* (Mann-Whitney's test, $p=0,012$).

Трехкомпонентная смесь IV, состоящая из 1 мг ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac), 0,05 мг ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac) и 0,2 мг ацетата Z9-додецен-1-ола (Z9-12Ac), по уровню отлова насекомых ($Me=4$) статистически достоверно не отличалась как от двухкомпонентной смеси варианта III ($Me=7$) (Mann-Whitney's test, $p=0,284$), так и от варианта II ($Me=5$) (Mann-Whitney's test, $p=0,914$), в состав которой было включено 0,75 мг ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac) и 0,25 мг ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac).

Показатели варианта трехкомпонентной смеси варианта I, включавшей 1 мг ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac), 0,2 мг ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac) и 0,1 мг ацетата Z11-гексадецен-1-ола (Z11-16Ac) ($Me=3$), статистически не отличались от варианта с двухкомпонентной смесью II с 0,75 мг Z7-12Ac и 0,25 мг Z9-14Ac (Mann-Whitney's test, $p=0,171$) и от варианта IV (1 мг (Z7-12Ac)+0,05 мг (Z9-14Ac)+0,2 мг (Z9-12Ac)) (Mann-Whitney's test, $p=0,106$). Контрольный вариант не отловил ни одной особи золотистой двухпятнистой совки.

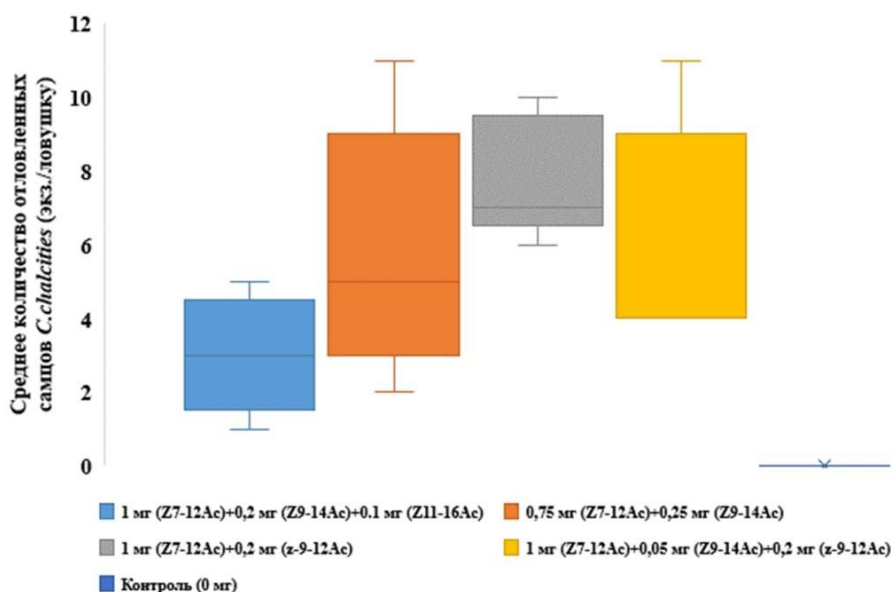


Рисунок 6 – Влияние состава феромонной смеси на отлов золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites* Республика Абхазия (г. Сухум) (Mann-Whitney's test $\alpha=0,05$)

Figure 6 – The effectiveness of the pheromone mixture composition used for the capture of the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*, Republic of Abkhazia (Sukhumi) (Mann-Whitney's test at $\alpha=0,05$)

Предварительные результаты полевых испытаний первого года позволили заключить, что наличие ацетата Z11-гексадецен-1-ола (Z11-16Ac) в феромонной смеси в I варианте опыта ($Me=3$) не повлияло на аттрактивность ловушки в сравнении с вариантом III ($Me=7$), где данный компонент отсутствовал. А наоборот, оказался менее эффективным в отлове самцов золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*, чем вариант I. Роль каждого из компонентов и их влияние на аттрактивность феромонного препарата для золотистой двухпятнистой совки предстоит изучить и доказать в ходе дальнейших исследований.

Выводы. На основе анализа и оценки имеющихся данных о методах синтеза полового феромона золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites* были разработаны и осуществлены новые схемы синтеза его основных компонентов. Разработанный метод предусматривает использование для получения ацетатов моноеновых спиртов в качестве ключевой стадии реакции алкилирования α -бром- Ω -хлоралканами соответствующих литиевых производных в жидком аммиаке, что позволяет сократить количество стадий синтеза и избежать необходимости хроматографической очистки полученных промежуточных соединений.

Замена тетрагидропиранильной группы на хлор-соединение при синтезе ацетата Z7-додецен-1-ола (Z7-12Ac), а также ацетата Z9-тетрадецен-1-ола (Z9-14Ac), позволила сократить количество стадий синтеза (постановки и снятия защиты) и избежать необходимости трудоемкой хроматографической очистки промежуточных соединений. Разработанный метод синтеза ацетата Z11-гексадецен-1-ола (Z11-16Ac) методом алкилирования тетрагидропиранового эфира 10-бромдекан-1-ола литиевым производным 1-гексина в жидком аммиаке с получением после снятия защитной группы 16 %-ным раствором H_2SO_4 в этаноле, 11-гексадецен-1-ола, позволил достичь высокой 99 %-й стереоизомерной чистоты продукта, что, безусловно, влияет на эффективность феромонного препарата. При получении ацетата Z-9-додецен-1-ола (Z9-12Ac) в качестве ключевой стадии использовали алкилирование литиевого производного тетрагидропиранилового эфира 9-децин-1-ола бромэтаном в жидком аммиаке, что позволило избежать работы с опасным газообразным бутином-1.

Полевые испытания, проведенные на территории Республики Абхазия, показали различную степень аттрактивности четырех вариантов синтетической феромонной смеси для выявления и мониторинга золотистой двухпятнистой совки.

По итогам первого этапа испытаний может быть сделано предположение о необходимости для привлечения целевого вида наличия в составе синтетической феромонной смеси ацетатов с Z7- и Z9-положением двойной связи (Z7-12Ac, Z9-12Ac и Z9-14Ac).

Добавление в смесь ацетата Z11-гексадецен-1-ола (Z11-16Ac) не только не повысило аттрактивность ловушки в сравнении с наиболее уловистыми вариантами, где данный компонент отсутствовал, но и, наоборот, сократило уловы самцов золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis chalcites*. Таким образом, Z11-16Ac может оказаться ингибитором привлечения. Точную роль каждого из компонентов и их влияние на аттрактивность феромонного препарата для отлова золотистой двухпятнистой совки предстоит изучить и доказать в ходе дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Единый перечень Европейского экономического союза. <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depsanmer/regulation/Documents/>.
2. О синтезе высших ацетиленовых спиртов / Б. Г. Ковалев, Е. Д. Матвеева, В. В. Стан, Г. А. Вовк, Л. Г. Юдин, А. Н. Кост // ЖОХ. 1980. Т. 16. № 10. С. 2032-2037.
3. Феромоны насекомых и их аналоги. XIII. Синтез додец-8E-енил- и додец-8Z-енил-ацетатов – компонентов половых феромонов *Grapholitha funebrana* и *Grapholitha molesta* / В. Н. Одинок, Г. Ю. Ишмуратов, Г. Г. Балезина, Г. А. Толстиков // Химия природных соединений. 1985. № 3. С. 398-400.
4. Buchina I. K., Kholbekov O. K., Abduvakhobov A. A. Detection and synthesis of a synergist of the sex pheromone of the cotton bollworm // Chem. Nat. Comp. 1994. № 1. P. 121-123.
5. *Chrysodeixis chalcites*, a pest of banana crops on the Canary Islands: Incidence, economic losses and current control measures / E. G. Fuentes [et al.] // Crop Protection. 2018. V. 108. P. 137-145.
6. *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition preferences on different growing stages of banana (*Musa acuminata* Colla, Musaceae) plants / T. Cakmak [et al.] // Phytoparasitica. 2019. V. 47. № 4. P. 485-498.

7. Comparison of different trap designs for capture of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) with pheromone and floral odor attractants / E. C. Whitfield [et al.] // Journal of economic entomology. 2019. V. 112. № 5. P. 2199-2206.

8. Del Pino M., Cabello T., Hernández-Suárez E. Age-Stage, Two-Sex Life Table of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) at constant temperatures on semi-synthetic diet // Environmental entomology. 2020. V. 49. № 4. P. 777-788.

9. Dunkelblum E., Levi-Zada A. Pheromone Research and Development in Israel 1975-2015 // Phytoparasitica. 2017. V. 45. № 5. P. 619-637.

10. Mardani-Talae M., Zibae A., Rahimi V. Life table parameters and digestive enzyme activities in *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on some commercial cultivars of tomato // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 2016. V. 51. № 2. P. 207-217.

11. Murillo H., Hunt D. W. A., VanLaerhoven S. L. First records of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae) for east-central Canada. Canadian Entomologist. 2013. V. 145. P. 1-5.

12. Simonović M., Smiljanić D., Graora D. Golden twin-spot moth: *Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789) (Lepidoptera: Noctuidae): Pest of cultivated and ornamental plants // Biljni lekar. 2020. V. 48. № 1. P. 15-24.

13. UK C. A. B. *Chrysodeixis chalcites* ((Esper)), golden twin-spot moth. [pest/pathogen] // *Chrysodeixis chalcites* ((Esper)), golden twin-spot moth. [pest/pathogen]. 2014. №. AQB CPC record.

Conclusion. During the first stage of the research work in 2020, a new method of the pheromone component synthesis was developed for the golden twin-spot moth *Chrysodeixis chalcites*. New synthesis schemes provide the use of monoene alcohol acetates as key stages of the alkylation reaction with α -bromo- Ω -chloralkanes of the corresponding lithium derivatives in liquid ammonia, which reduces the number of synthesis stages and avoids the need for chromatographic purification of the obtained intermediates. Thus, two components of the golden twin-spot moth pheromone: Z7-dodecene-1-ol acetate (Z7-12Ac) and Z9-tetradecene-1-ol acetate (Z9-14Ac) were synthesized. The developed synthesis of Z11-hexadecene-1-ol acetate (Z11-16Ac) by alkylation of 10-bromodecane-1-ol tetrahydropyrane ether with a lithium derivative of 1-hexene in liquid ammonia allowed achieving a high 99% stereoisomeric purity of the product. The developed method of Z-9-dodecene-1-ol acetate (Z9-12Ac), in which the alkylation of the lithium derivative of tetrahydropyranyl ether 9-decene-1-ol with brom-ethane in liquid ammonia was used as a key stage, made it possible to avoid working with dangerous butene-1 gas. During the field trials, the attractiveness of four variants of the synthetic pheromone mixtures was confirmed. Based on the results of the first stage of the work, it can be assumed that the presence of acetates with Z7- and Z9- dibonds (Z7-12Ac, Z9-12Ac, and Z9-14Ac) is necessary to be in the synthetic pheromone mixture composition to attract the target type. Z11-hexadecene-1-ol acetate (Z11-16Ac) possibly could be an attraction inhibitor. The exact role of the components will be specified in further work.

References

1. Edinyj perechen' Evropejskogo Ekonomicheskogo soyuza. <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/depsanmer/regulation/Documents/>.
2. O sinteze vysshih acetilenovykh spirtov / B. G. Kovalev, E. D. Matveeva, V. V. Stan, G. A. Vovk, L. G. Yudin, A. N. Kost // ZhOH. 1980. T. 16. № 10. P. 2032-2037.
3. Feromony nasekomykh i ih analogi. XIII. Sintez dodec-8E-enil- i dodec-8Z-enil-acetатов - komponentov polovykh feromonov *Grapholitha funebrana* i *Grapholitha molesta* / V. N. Odinokov, G. Yu. Ishmuratov, G. G. Balezina, G. A. Tolstikov // Himiya prirodnih soedinenij. 1985. № 3. P. 398-400.
4. Buchina I. K., Kholbekov O. K., Abduvakhobov A. A. Detection and synthesis of a synergist of the sex pheromone of the cotton bollworm // Chem. Nat. Comp. 1994. № 1. P. 121-123.

5. Chrysodeixis chalcites, a pest of banana crops on the Canary Islands: Incidence, economic losses and current control measures / E. G. Fuentes [et al.] // Crop Protection. 2018. V. 108. P. 137-145.
6. Chrysodeixis chalcites (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition preferences on different growing stages of banana (Musa acuminata Colla, Musaceae) plants / T. Cakmak [et al.] // Phytoparasitica. 2019. V. 47. № 4. P. 485-498.
7. Comparison of different trap designs for capture of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) with pheromone and floral odor attractants / E. C. Whitfield [et al.] // Journal of economic entomology. 2019. V. 112. № 5. P. 2199-2206.
8. Del Pino M., Cabello T., Hernández-Suárez E. Age-Stage, Two-Sex Life Table of Chrysodeixis chalcites (Lepidoptera: Noctuidae) at constant temperatures on semi-synthetic diet // Environmental entomology. 2020. V. 49. №. 4. P. 777-788.
9. Dunkelblum E., Levi-Zada A. Pheromone Research and Development in Israel 1975-2015 // Phytoparasitica. 2017. V. 45. № 5. P. 619-637.
10. Mardani-Talaei M., Zibaei A., Rahimi V. Life table parameters and digestive enzyme activities in Chrysodeixis chalcites (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on some commercial cultivars of tomato // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 2016. V. 51. №. 2. P. 207-217.
11. Murillo H., Hunt D. W. A., VanLaerhoven S. L. First records of Chrysodeixis chalcites (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae) for east-central Canada. Canadian Entomologist. 2013. V. 145. P. 1-5.
12. Simonović M., Smiljanić D., Graora D. Golden twin-spot moth: Chrysodeixis chalcites (Esper, 1789) (Lepidoptera: Noctuidae): Pest of cultivated and ornamental plants // Biljni lekar. 2020. V. 48. № 1. P. 15-24.
13. UK C. A. B. Chrysodeixis chalcites ((Esper)), golden twin-spot moth. [pest/pathogen] // Chrysodeixis chalcites ((Esper)), golden twin-spot moth. [pest/pathogen]. 2014. №. AQB CPC record.

Authors Information

Sinitsyna Ekaterina Vital'evna – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIIPK” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Research Assistant, tel. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Glebov Valerij Eduardovich – The branch of the All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIIPK” (295053, Republic of Crimea, Simferopol, ul. Olenchuk, 52), the Research and Methodological Department, Research Assistant, tel. +7 (978) 728-95-60; e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru.

Fedoseev Nazar Zinov'evich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIIPK” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Senior Researcher, tel. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

Kulakova Natal'ya Ivanovna – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIIPK” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Agronomist, tel. +7 (916) 820-63-17; e-mail: nata7890@mail.ru.

Информация об авторах

Синицына Екатерина Витальевна, научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Глебов Валерий Эдуардович, научный сотрудник научно-методического отдела филиала ФГБУ «ВНИИПР» в республике Крым (295053, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Оленчука, д. 52), тел. +7 (978) 728-95-60; e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru.

Федосеев Назар Зиновьевич, старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

Кулакова Наталья Ивановна, агроном отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (916) 820-63-17; e-mail: nata7890@mail.ru.

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF CULTIVATION OF SUDAN GRASS IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Y.A. Laptina¹, Y.N. Pleskachev², O.G. Gichenkova³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow

³Federal State Budget Science Center

«All-Russian research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd

Received 17.04.2021

Submitted 11.06.2021

Abstract

Introduction. The sharp decline in the swine population of the Volgograd region due to infection and the alienation of most of the livestock sets a task for the development of alternative animal husbandry (large and small cattle). To this end, it is necessary to increase the feed base and include crops in the structure of sown areas that provide this type of livestock with nutritious food in the summer and autumn period. One of these crops is the Sudan grass, which in the arid conditions of our region has a high yield, is adapted to high temperatures and has a universal use. **Object.** A variety of Sudan grass Allegory. **Materials and methods.** The research was carried out on light chestnut soils in the Volgograd region. In the experiment, the influence of seeding rates and the use of fertilizers and a growth stimulator on the productivity of Sudanese grass was studied. The scheme of the experiment provided for the study of two factors: Factor A - The seeding rate: 2.5-million tons. germinating seeds per hectare; 3.0 – million. germinating seeds per hectare; 3.5 – million. germinating seeds per hectare. Factor B-Fertilizers and growth promoter: 1. Control without fertilizers; 2. $N_{120}P_{120}K_{90} + N_{30}$; 3. Growth stimulator Raikat Start; 4. $N_{120}P_{120}K_{90} + Raikat Start + N_{30}$. **Results and conclusions.** The conducted studies have shown that the greatest efficiency in the cultivation of Sudan grass of the Allegory variety for green fodder under irrigation conditions is obtained from the application of mineral fertilizers at a dose of $N_{120}P_{120}K_{90} + N_{30}$ in combination with the treatment of Raikat Start seeds (1 l / t), with a seeding rate of 3.0 million tons. germinating seeds per hectare. These agricultural practices allowed to increase the leafiness of the Sudan grass in both the first and subsequent mowing in comparison with the control variant. Also, this variant showed an increase in the area of the assimilation surface in the first mowing by 58.3%, the use of mineral fertilizers alone contributed to an increase in the area of the assimilation surface by 49.1%, respectively, in the variant with seed treatment with Raikat Start, the leaf surface increased by 13.9%, compared with the control. The analysis of the yield of the green mass of Sudan grass in total for three mowing shows that the highest yield on the variant with the seeding rate of 3.0 million germinating seeds per hectare with pre-sowing seed treatment against the background of the use of mineral fertilizers, which allowed to form a crop at the level of 80.3 t / ha to get an increase of 26.0 t / ha, compared to the control. The use of only mineral fertilizers provided an increase of 17.5 t / ha. In the variant with the use of only Raikat Start, the increase was 7.4 t / ha.

Key words: Sudan grass, green mass yield, leaf surface area, leaf surface growth dynamics.

Citation. Laptina Yu. A., Pleskachev Yu. N., Gichenkova O. G. Optimization of parameters of cultivation of Sudan grass in the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2 (62). 260-270. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-27.

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 631.454:631.53.048

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ
В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****Ю. А. Лаптина**¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Ю. Н. Плескачев**², доктор сельскохозяйственных наук, профессор**О. Г. Гиченкова**³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²ФИЦ «Немчиновка», г. Москва³ФГБОУ ВНИИОЗ, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.04.2021

Дата принятия к печати 11.06.2021

Актуальность. Резкое снижение свиноголовья Волгоградской области в связи с инфицированием и отчуждением большей части животных ставит задачу по развитию альтернативного животноводства (крупный и мелкий рогатый скот). С этой целью необходимо наращивать кормовую базу и в структуру посевных площадей включать культуры, обеспечивающие данный вид поголовья питательным кормом в летне-осенний период. Одной из таких культур является суданская трава, которая в засушливых условиях нашего региона отличается высокой урожайностью, адаптирована к высоким температурам и имеет универсальное использование. **Объект.** Сорт суданской травы Аллегория. **Материалы и методы.** Исследования проводились на светло-каштановых почвах в Волгоградской области. В опыте изучалось влияние норм высева, применение удобрений и стимулятора роста на продуктивность суданской травы. Схема опыта предусматривала изучение двух факторов: Фактор А – Норма высева: 2,5 млн всхожих семян на гектар; 3,0 млн всхожих семян на гектар; 3,5 млн всхожих семян на гектар. Фактор В – Удобрения и стимулятор роста: 1. Контроль без удобрений; 2. $N_{120}P_{120}K_{90} + N_{30}$; 3. Стимулятор роста Райкат Старт; 4. $N_{120}P_{120}K_{90} + \text{Райкат Старт} + N_{30}$. **Результаты и выводы.** Проведённые исследования показали, что наибольшая эффективность при выращивании суданской травы сорта Аллегория на зелёный корм в условиях орошения получена от внесения минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{120}K_{90} + N_{30}$ в комплексе с обработкой семян Райкат Старт (1 л/т), при норме высева 3,0 млн всхожих семян на гектар. Данные агроприемы позволили повысить облиственность суданской травы как в первом, так и в последующих укосах в сравнении с контрольным вариантом. Также на этом варианте отмечено увеличение площади ассимиляционной поверхности в первом укосе на 58,3 %, применение только минеральных удобрений способствовало увеличению площади листьев соответственно на 49,1 %, на варианте с обработкой семян препаратом Райкат Старт листовая поверхность увеличилась на 13,9 % в сравнении с контролем. Анализ урожайности зеленой массы суданской травы в сумме за три укоса показывает, что наибольшая урожайность на варианте с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на гектар с предпосевной обработкой семян на фоне применения минеральных удобрений, это позволило сформировать урожай на уровне 80,3 т/га и получить прибавку 26,0 т/га по сравнению с контролем. Использование только минеральных удобрений обеспечило прибавку 17,5 т/га, на варианте с применением Райкат Старт – 7,4 т/га.

Ключевые слова: суданская трава, урожайность зелёной массы суданской травы, площадь листовой поверхности, продуктивность суданской травы.

Цитирование. Лаптина Ю. А., Плескачев Ю. Н., Гиченкова О. Г. Оптимизация параметров возделывания суданской травы в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 260-270. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-27.

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. Основой повышения продуктивности животноводства является увеличение производства кормов и улучшение их качества. В засушливых условиях суданская трава по праву считается наиболее высокоурожайной культурой среди однолетних сенокосных растений благодаря высокой продуктивности и отавности, а по кормовым достоинствам она также занимает главенствующее место в зелёных конвейерах [12].

Обладая высокой засухоустойчивостью, она более рационально использует влагу и значительно лучше адаптирована к сезонному распределению осадков. Так как в последние годы отмечается тенденция снижения посевных площадей кукурузы, эта культура в силу высокого продуктивного потенциала может выступать альтернативной культурой.

Одним из критериев оценки условий формирования зелёной массы может служить продолжительность периода вегетации. Для суданской травы характерно замедленное развитие в начальные фазы развития. Так, по данным Е. Р. Щукиса, на образование первых пяти листьев необходимо около 40 дней. При этом к началу фазы кущения высота стебля достигает только 0,18-0,25 м. Это объясняется тем, что в начальный период вегетации замедляется рост надземной массы и идет процесс укоренения и развития корневой системы [13].

Поэтому изучение влияния стимуляторов роста на активизацию ростовых процессов в начальные фазы развития является актуальным.

Многочисленными исследованиями [1, 3, 5, 9] установлено положительное влияние на всхожесть, кустистость и продуктивность зерновых и кормовых культур предпосевной обработки семян жидким органоминеральным удобрением Райкат Старт.

Так, согласно исследованиям Ж. Б. Сагандыковой «...одним из путей получения гарантированных урожаев с высоким качеством сельскохозяйственной продукции является использование физиологически активных соединений нового поколения, действующих в чрезвычайно низких концентрациях и обладающих полифункциональным действием, сравнимым по эффекту с природными фитогормонами. Обработка семян сорго Кинельское 3 регуляторами роста за сутки до посева повышает урожайность семян на 0,2-0,6 т/га по сравнению с контролем (без обработки). Наиболее эффективными были варианты с использованием крезацина и силка. Также обработка семян регуляторами роста сокращала период вегетации, ускоряя созревание семян» [11].

Образуя большую зелёную массу и имея мощную корневую систему, суданская трава выносит из почвы значительное количество питательных веществ, поэтому, согласно многочисленным исследованиям, она хорошо отзывается на минеральное питание [4, 7, 10, 14].

Создание оптимальной площади питания и густоты стояния растений является одним из основных факторов, регулирующих продуктивность сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований Мардваева Н. Б. [8] показывают, что загущение посевов и повышение нормы высева суданской травы ведет к снижению полевой всхожести семян, также это способствует повышению конкурентной борьбы проростков за влагу.

Исследованиями Жерукова Б. Х. и др. «...установлено, что в семенах растений имеются вещества, тормозящие прорастание. Эти вещества (триптофан, аланин) имеют большое биологическое значение как факторы, обеспечивающие сохранение растений в определенных условиях существования. Таким образом, быстрее набухшие семена выделяют в окружающую среду такие вещества, которые задерживают прорастание остальных семян. И чем гуще расположены семена в рядке, тем больше вероятность влияния их друг на друга» [2].

Поэтому целью исследований являлось создание высокопродуктивных агрофитоценозов суданской травы за счет применения оптимальных норм высева, удобрений и стимулятора роста в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья

Материалы и методы. Исследования были заложены и проведены в 2016-2020 гг. на полях ООО «АПК Пригородный». Почва опытного участка представлена светло-каштановыми почвами с низким содержанием гидролизуемого азота, обеспеченность фосфором средняя и содержание обменного калия повышенное, содержанием гумуса – 1,7 %. Повторность в опыте трехкратная. Предполивной порог влажности поддерживали дождевальными машинами «Фрегат» на уровне 70-75 % НВ. Для соответствия принятого водного режима почвы по годам исследования потребовалось провести 6-7 поливов оросительной нормой 3000-3500 м³/га.

В опыте высевался новый сорт Аллегория, который, по мнению С. С. Куколевой и др., «...отличается хорошей облиственностью, отавностью, ремонтантностью и обеспечивает хорошее качество зеленой массы, начиная с фазы «выметывания» и на протяжении дальнейшей вегетации» [6].

Схема опыта предусматривала изучение двух факторов: Фактор А – Норма высева: 2,5 млн всхожих семян на гектар; 3,0 млн всхожих семян на гектар; 3,5 млн всхожих семян на гектар. Фактор В – Удобрения и стимулятор роста: 1. Контроль без удобрений; 2. N₁₂₀P₁₂₀K₉₀ + N₃₀; 3. Стимулятор роста Райкат Старт; 4. N₁₂₀P₁₂₀K₉₀ + Райкат Старт + N₃₀.

Агротехника возделывания суданской травы на зеленый корм общепринятая для орошаемых земель Волгоградской области. Уборку суданской травы на зеленую массу проводили в фазу выхода в трубку – начало выметывания (10 % растений). Минеральные удобрения вносились под основную обработку. При закладке полевых опытов, проведении исследований и наблюдений использовали общепринятые методики.

В задачу исследований входило определение полевой всхожести, площади листовой поверхности, облиственности суданской травы по первому, второму и третьему укосам; установление зависимости урожайности зеленой массы культуры от вышеперечисленных показателей.

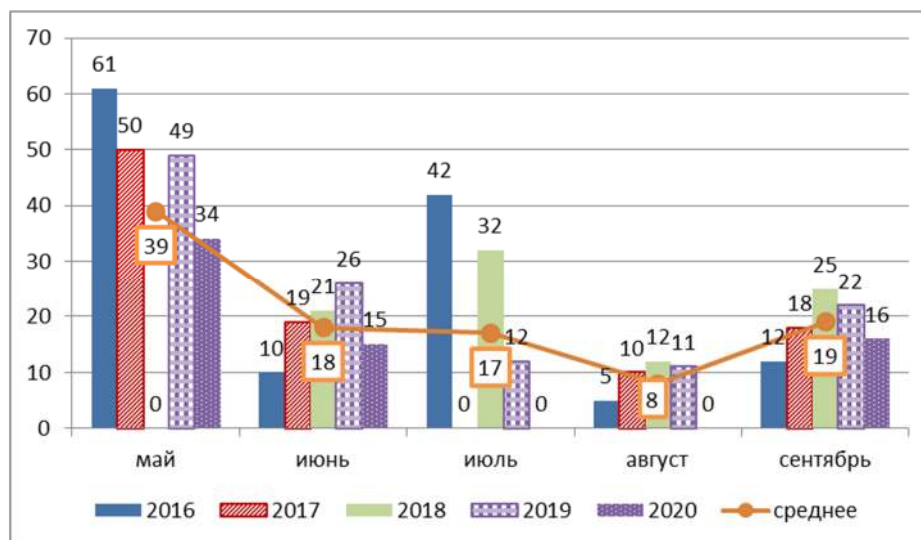


Рисунок 1 – Среднемесячное количество осадков за 2016-2020 гг.

Figure 1 – The average monthly amount of precipitation for 2016-2020

Повышенная засухоустойчивость, пластичность, а также поверхностное расположение корневой системы позволяет использовать даже небольшие по величине атмосферные осадки, недоступные для других культур, поэтому суданскую траву возделывают в относительно теплых регионах [13].

На рисунке 1 видно, что в 2018 году на начальных этапах роста и развития суданской травы сложились засушливые условия. Также следует отметить, что во второй половине лета, в июле и августе 2020 года осадков не отмечалось. Наиболее влагообеспеченным оказался 2019 год.

Результаты и обсуждение. Результаты наших исследований показали, что с повышением нормы высева отмечалось снижение полевой всхожести, что, вероятно, связано с возрастанием конкуренции между растениями на ранних фазах развития. В среднем за 2016-2020 гг. на варианте с нормой высева 2,5 млн отмечена наибольшая полнота всходов – 94,2 %, применение стимулятора роста Райкат Старт как в чистом виде, так и в комплексе с минеральными удобрениями положительно сказалось на увеличении процента всхожести семян, в сравнении с контролем полнота всходов увеличилась на 4,8-4,9 %.

Таблица 1 – Показатели роста и развития суданской травы в среднем за 2016-2020 гг.

Table 1 – Growth and development indicators of Sudan grass on average for 2016-2020

Норма высева / Seeding rate	Удобрения и стимуляторы роста / Fertilizers and growth stimulants	Полнота всходов / Seedling density, %	Облиственность / Leafiness, %		
			1 укос / 1 mowing	2 укос / 2 mowing	3 укос / 3 mowing
2,5 млн всхожих семян/га / million germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	89,3	31,6	35,9	41,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	89,4	35,3	39,1	44,4
	Райкат Старт / Raikat Start	94,1	33,4	37,5	42,8
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	94,2	36,7	40,3	45,1
3,0 млн всхожих семян/га / million germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	89,0	32,0	36,0	42,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	89,1	36,2	39,7	45,0
	Райкат Старт / Raikat Start	93,9	33,9	37,9	43,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	94,0	37,7	40,9	46,5
3,5 млн всхожих семян/га / million germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	88,8	31,8	36,0	41,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	88,9	35,9	39,4	44,7
	Райкат Старт / Raikat Start	93,6	33,6	37,7	43,0
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	93,7	37,4	40,6	46,2

С точки зрения питательности корма из зеленой массы суданской травы наиболее ценной частью является доля листовой поверхности, так как она характеризуется высоким содержанием протеина и низким клетчатки.

Максимальная облиственность в первом укосе сформировалась на варианте с нормой высева 3,0 млн всхожих семян/га и комплексном применении минеральных удобрений и стимулятора роста составил 37,7 %. Во второй и третий укосы показатель доли листьев в урожае имел аналогичную динамику.

Наибольший процент был отмечен в третьем укосе и составил от 41,2 до 45,6 % по вариантам опыта, это связано с тем, что после первого укоса у суданской травы формировались растения с менее развитым стеблем.

Таблица 2 – Основные фотосинтетические показатели суданской травы в зависимости от изучаемых факторов (среднее за 2016-2020 гг.)

Table 2 – The main photosynthetic indicators of the Sudan grass depending on the studied factors (average for 2016-2020)

Норма высева / Seeding rate	Удобрения и стимуляторы роста / Fertilizers and growth stimulants	Площадь листьев, тыс. м ² /га / Leaf area, thousand m ² /ha			Фотосинтетический потенциал, (тыс. м ² • сут) / га / Photosynthetic potential, (thousand m ² • day)/ ha		
		1 укос / 1 mowing	2 укос / 2 mowing	3 укос / 3 mowing	1 укос / 1 mowing	2 укос / 2 mowing	3 укос / 3 mowing
2,5 млн/га / million/ha	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	45,7	34,1	5,9	1300	795	167
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	69,5	51,8	8,4	2189	1323	184
	Райкат Старт / Raikat Start	52,5	37,8	6,4	1559	940	168
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	74,5	54,2	8,9	2445	1433	194
3,0 млн/га / million/ha	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	48,9	36,5	6,4	1496	879	174
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	72,9	54,8	8,8	2393	1446	170
	Райкат Старт / Raikat Start	55,7	39,4	6,9	1839	1015	187
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	77,4	57,3	9,6	2670	1564	188
3,5 млн/га / million/ha	Контроль, без удобрений / Control without fertilizers	47,1	35,7	6,2	1388	844	166
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	71,5	53,8	8,6	2304	1399	189
	Райкат Старт / Raikat Start	55,1	38,8	6,7	1758	985	173
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	76,0	56,5	9,3	2557	1529	198

Создание общего биологического урожая и суммарная продуктивность фотосинтеза зависит в значительной мере от показателя площади листовой поверхности.

В среднем за 2016-2020 гг. наибольшая величина площади листовой поверхности отмечена в 1 укосе 77,4 тыс. м²/га, в дальнейшем при формировании второго и третьего укоса наблюдалось снижение площади ассимиляционной поверхности соответственно на 26 % в сравнении с первым и на 83 % в сравнении со вторым укосом.

Наибольший показатель площади ассимиляционной поверхности отмечен на варианте с комплексным применением минеральных удобрений и предпосевной обработки семян. Так, к первому укосу этот показатель составил 77,4 тыс. м²/га, что на 28,5 тыс. м²/га выше контрольного варианта. Применение только минеральных удобрений способствовало увеличению площади ассимиляционной поверхности соответственно на 24,0 тыс. м²/га. На варианте с обработкой семян препаратом Райкат Старт листовая поверхность увеличилась на 6,8 тыс. м²/га.

В наблюдениях по изучению влияния нормы высева на площадь листовой поверхности суданской травы во всех укосах прослеживалась следующая тенденция, наименьший показатель отмечен на варианте 2,5 млн всхожих семян/га.

Увеличение нормы высева до 3,0 млн сопровождалось ростом индекса листовой поверхности, при дальнейшем увлечении нормы высева до 3,5 млн этот показатель снижался.

Во втором и третьем укосах сохранилась аналогичная тенденция формирования площади листовой поверхности, однако показатели были несколько ниже.

Фотосинтетический потенциал суданской травы первого укоса был в среднем на 1,9-2,6 раза больше, чем у второго укоса, а у второго укоса в 5,1-5,7 раза больше, чем у третьего. Общий фотосинтетический потенциал за три укоса находился в пределах от 960,2 до 1810,6 (тыс. м² • сут)/ га.

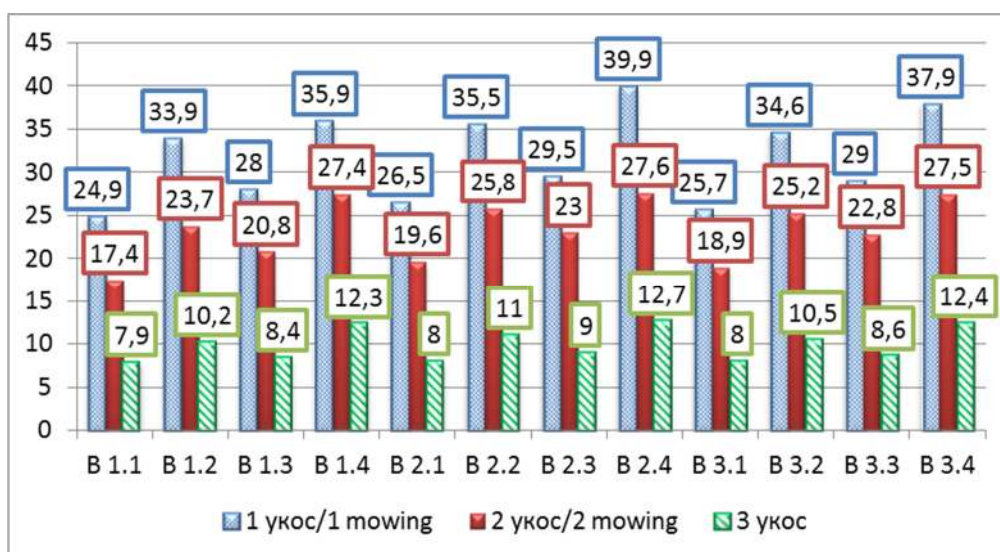


Рисунок 2 – Урожайность зелёной массы суданской травы по укосам (среднее 2016-2020 гг., т/га)

Figure 2 – Yield of green mass of Sudan grass by mowing (average 2016-2020, t / ha)

При использовании минеральных удобрений отмечалось увеличение фотосинтетического потенциала на 322-390,6 (тыс. м² • сут)/ га. При использовании стимуляторов роста увеличение фотосинтетического потенциала происходило на 143,4-195,4 (тыс. м² • сут)/ га. При комплексном использовании удобрений увеличение фотосинтетического потенциала по сравнению контролем происходило на 638,8-688,4 (тыс. м² • сут)/ га.

Поукосный анализ продуктивности зеленой массы суданской травы показал, что большая часть урожая формируется в первый укос, а наименьшая – в третьем. Так, на варианте с нормой высева 3,0 млн всхожих семян /га и комплексным применением удобрений в первый укос формируется 39,9 т/га, что составляет 49,7 % от общего урожая зеленой массы, на долю второго укоса приходится 34,4 %, третий составляет 15,9 %.

Анализ урожайности зеленой массы суданской травы в сумме за три укоса показывает, что наибольшая урожайность по нормам высева отмечена на варианте с 3,0 млн и составила на контроле 54,3 т/га на контроле, что на 3,8 т/га больше, чем при норме 2,5 млн и на 1,1 т/га больше, чем при норме высева 3,5 млн.

Предпосевная обработка семян и применение минеральных удобрений позволило сформировать урожай на уровне 80,3 т/га и получить прибавку 26,0 т/га по сравнению с контролем. Использование только минеральных удобрений обеспечило прибавку 17,5 т/га. На варианте с применением только Райкат Старт прибавка составила 7,4 т/га.

Одним из путей повышения урожайности качественной зеленой массы суданской травы является внесение минеральных удобрений и использование стимулятора роста.

Таблица 3 – Урожайность зелёной массы и сухой массы суданской травы в сумме за три укоса, среднее 2016-2020 гг., т/га

Table 3 – Yield of green mass and dry mass of Sudan grass in total for three mowing, average 2016-2020, t / ha

Норма высева / Seeding rate	Удобрения и стимуляторы роста / Fertilizers and growth stimulants	Урожайность т/га / Yield, t/ha	
		Зеленая масса, т/га / Green mass, t / ha	Сухая масса, т/га / Dry weight, t/ha
2,5 млн всхожих семян/га / mil- lion germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Con- trol without fertilizers	50,5	8,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	68,3	14,6
	Райкат Старт / Raikat Start	57,4	10,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	75,9	17,0
3,0 млн всхожих семян/га / mil- lion germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Con- trol without fertilizers	54,3	9,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	71,8	16,1
	Райкат Старт / Raikat Start	61,7	11,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	80,3	18,7
3,5 млн всхожих семян/га / mil- lion germinating seeds per hectare	Контроль, без удобрений / Con- trol without fertilizers	53,2	9,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	70,9	16,2
	Райкат Старт / Raikat Start	60,5	11,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	78,1	17,8

Выводы. При возделывании суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья в условиях орошения рекомендуется использовать норму высева 3,0 млн всхожих семян на гектар и комплексное применение минеральных удобрений со стимулятором роста по схеме N₁₂₀ P₁₂₀ K₉₀ + Райкат Старт + N₃₀. Минеральные удобрения вносятся под основную и предпосевную обработку почвы. Райкат Старт в виде предпосевной обработки семян в дозе 1 л/т, данные агроприемы позволили увеличить продуктивность зеленой массы суданской травы на 2 т/га в сравнении с контролем.

Библиографический список

1. Дрепа Е. Б., Сухарева А. А., Сухарев С. А. Влияние минеральных удобрений и стимуляторов корнеобразования на рост озимой мягкой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 78-82. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37380288_61493966.pdf.
2. Жеруков Б. Х., Магомедов К. Г., Магомедов М. К. Повышение полевой всхожести семян суданской травы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2005. № 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-polevoy-vshozhesti-semyan-sudanskoj-travy>.

3. Жолик Г. А., Луковец А. М., Ключник А. Л. Влияние стимулятора роста Райкат на рост, развитие и продуктивность озимого рапса // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно: ГГАУ, 2016. Т. 32. С. 76-82. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32443468_46634957.pdf.
4. Икоева Л. П. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур звена кормового севооборота // Известия Горского государственного университета. 2018. Т. 55. № 3. С. 12-17. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35647439_70478036.pdf.
5. Ковтунова Н. А. Биологические особенности роста и развития суданской травы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 48-51. <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-rosta-i-razvitiya-sudanskoy-travy>.
6. Куколева С. С. Скрининг сортообразцов суданской травы в условиях Саратовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4. С. 8-11.
7. Максюттов Н. А., Зенкова Н. А. Устойчивость кормовых культур к засухе в зависимости от фона питания в степном Предуралье Оренбуржья // Известия ОГАУ. 2020. № 5 (85). <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivost-kormovykh-kultur-k-zasuhe-v-zavisimosti-ot-fona-pitaniya-v-stepnom-preduralie-orenburzhya>.
8. Мардваев Н. Б. Некоторые технологические аспекты выращивания суданской травы на семена в сухостепной зоне Бурятии // Вестник ИрГСХА. 2018. № 89. С. 7-15. https://elibrary.ru/download/elibrary_36543011_20819833.pdf.
9. Митрофанов С. В., Кузьмин Н. А. Эффективность использования гуминовых удобрений и биопрепаратов при предпосевной обработке семян ячменя ярового // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 3 (35). С. 52-58. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30046044_72256448.pdf.
10. Олешко В. П., Дробышев А. П. Эффективность применения удобрений в кормовом севообороте на орошении в условиях Приобья Алтайского края // Вестник АГАУ. 2020. № 10 (192). <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-udobreniy-v-kormovom-sevooborote-na-orooshenii-v-usloviyah-priobyaya-altayskogo-kрая>.
11. Сагандыкова Ж. Б. Влияние регуляторов роста на рост, развитие и урожайность растений рода *sorghum* // Педагогическая наука и практика. 2018. № 1 (19). С. 61-63. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-regulyatorov-rosta-na-rost-razvitie-i-urozhaynost-rasteniy-roda-sorghum>.
12. Селекционная ценность перспективных сортов суданской травы в ФГБНУ "Поволжский НИИСС" // А. А. Антимонов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2. С. 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/selektionnaya-tsennost-perspektivnykh-sortov-sudanskoy-travy-v-fgbnu-povolzhskiy-niiss>.
13. Щукис Е. Р. Особенности селекции суданской травы в Алтайском крае // Сибирский вестник с.-х. науки. 2016. № 7. С. 29-36.
14. Эффективность применения разных доз минеральных удобрений на формирование урожайности однолетних культур в условиях Якутии / Е. С. Пестерева [и др.] // МСХ. 2020. № 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-raznykh-doz-mineralnykh-udobreniy-na-formirovanie-urozhaynosti-odnoletnih-kultur-v-usloviyah-yakutii>.

Conclusions. When cultivating Sudan grass in the dry-steppe zone of the Lower Volga region under irrigation conditions, it is recommended to use a seeding rate of 3.0 million tons. germinating seeds per hectare and the complex application of mineral fertilizers with a growth stimulator according to the scheme $N_{120} P_{120} K_{90} + \text{Raikat Start} + N_{30}$. Mineral fertilizers are applied under the main and pre-sowing tillage. Raikat Start in the form of pre-sowing seed treatment at a dose of 1 l/t, these agricultural practices allowed to increase the productivity of the green mass of the Sudan grass by 2 t/ha in comparison with the control.

Reference

1. Drepa E. B., Sukhareva A. A., Sukharev S. A. Influence of mineral fertilizers and root formation stimulators on the growth of winter soft wheat // Vestnik AIC Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). Pp. 78-82. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37380288_61493966.pdf.
2. Zherukov B. Kh., Magomedov K. G., Magomedov M. K. Increase of field germination of seeds of the Sudan grass // Izvestiya vuzov. The North Caucasus region. Series: Natural Sciences. 2005. No. 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-polevoy-vshozhesti-semyan-sudanskoy-travy>.
3. Zholik G. A., Lukovets A. M., Klyuchnik A. L. Influence of the growth stimulator Raikat on the growth, development and productivity of winter rapeseed // Agriculture-problems and prospects: collection of scientific tr. Grodno: GGAU, 2016. Vol. 32. P. 76-82. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32443468_46634957.pdf.
4. Ikoeva L. P. Influence of mineral fertilizers on crop productivity of feed rotation link // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo universiteta. 2018. Vol. 55. № 3. P. 12-17. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35647439_70478036.pdf.
5. Kovtunova N. A. Biological features of the growth and development of the Sudan grass // Achievements of science and technology of the agroindustrial Complex. 2016. Vol. 30. № 6. P. 48-51. <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-rosta-i-razvitiya-sudanskoy-travy>.
6. Kukoleva S. S. Screening of cultivars of Sudan grass in the conditions of the Saratov region // Grain farming in Russia. 2016. № 4. P. 8-11.
7. Maksyutov N. A., Zenkova N. A. Resistance of forage crops to drought depending on the background of nutrition in the steppe Urals of Orenburg region // Izvestiya OGAU. 2020. No. 5 (85). <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivost-kormovyh-kultur-k-zasuhe-v-zavisimosti-ot-fona-pitaniya-v-stepnom-preduralie-orenburzha>.
8. Mardvaev N. B. Some technological aspects of growing Sudan grass for seeds in the dry-steppe zone of Buryatia // Vestnik IrGSHA. 2018. No. 89. P. 7-15. https://elibrary.ru/download/elibrary_36543011_20819833.pdf.
9. Mitrofanov S. V., Kuzmin N. A. Efficiency of the use of humic fertilizers and biological products in the pre-sowing treatment of spring barley seeds // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2017. № 3 (35). Pp. 52-58. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30046044_72256448.pdf.
10. Oleshko V. P., Drobyshev A. P. Efficiency of fertilizer application in fodder crop rotation on irrigation in the conditions of the Ob region of the Altai Territory // Bulletin of ASAU. 2020. No. 10 (192). <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-udobreniy-v-kormovom-sevooborote-na-oroshenii-v-usloviyah-priobya-altayskogo-kraya>.
11. Sagandykova Zh. B. Influence of growth regulators on the growth, development and yield of plants of the genus sorghum // Pedagogical science and practice. 2018. No. 1 (19). P. 61-63. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-regulyatorov-rosta-na-rost-razvitie-i-urozhaynost-rasteniy-roda-sorghum>.
12. The breeding value of promising varieties of Sudanskaya grass in the Volga Research Institute // A. A. Antimonov [et al.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAS. 2018. № 2. P. 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/selektionnaya-tsennost-perspektivnyh-sortov-sudanskoy-travy-v-fgbnu-povolzhskiy-niis>.
13. Shchukis E. R. Features of the selection of Sudanskaya grass in the Altai Territory. 2016. No. 7. P. 29-36.
14. The effectiveness of the use of different doses of mineral fertilizers for the formation of annual crop yields in the conditions of Yakutia / E. S. Pestereva [et al.] // MOH. 2020. No. 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-raznyh-doz-mineralnyh-udobreniy-na-formirovanie-urozhaynosti-odnoletnih-kultur-v-usloviyah-yakutii>.

Authors Information

Laptina Julia Alexandrovna, Associate Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, tel. +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the scientific direction of the Center for Agriculture of the FITZ "Nemchinovka", +79023610240, e-mail: pleskachiov@yandex.ru
Gichenkova Olga Gennadiyevna, Senior Researcher, Department of Irrigation Amelioration, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture" (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, phone: +79272577672, e-mail : olga.gichenkova@mail.ru.

Информация об авторах

Лаптина Юлия Александровна, доцент кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Плескачев Юрий Николаевич, доктор с-х. наук, профессор, руководитель научного направления Центра по земледелию ФИЦ «Немчиновка» (143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, дом 6), +79023610240, e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Гиченкова Ольга Геннадьевна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия" (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-28

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL FACTORS IN THE PRODUCTION OF DRY CHEESE

I.F. Gorlov^{1, 2}, M.I. Slozhenkina^{1, 2}, O.P. Serova¹, S.E. Bozhkova¹,
E.S. Vorontsova², T.V. Serbova¹

¹*Volgograd State Technical University, Volgograd*

²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd*

Received 10.03.2021

Submitted 11.05.2021

Summary

The expediency of using a plant component - chia seeds in the technology of dry cheeses is justified. The optimal content of chia seeds in the product was found, which ranged from 5.0 to 8.0%. The positive effect of the added component on the storage capacity and quality of the cheese was noted.

Abstract

Introduction. Due to the high content of minerals, essential fatty and amino acids, cheese has a high biological value. At the same time, it has an unbalanced nutrient composition, as well as a small amount of dietary fiber. As a source of antioxidants and fiber, chia seeds can be used, which contain chlorogenic, caffeic acids, campferol, myricetin, flavonol, quercetin, which protect the food environment from free radicals that oxidize fats. The purpose of this work was to develop a recipe and optimize the modes of production of dry cheese with chia seeds to improve the consumer properties of the product during its long-term storage. **Materials and methods.** The conducted research included the following stages: selection and preparation of raw materials, development of control and prototypes, as well as assessment of the quality of the resulting products by organoleptic and physicochemical properties, analysis of the economic efficiency of production. The main stages of cheese production are fermentation, mixing the cheese mass with chia seeds, shaping the product and drying. Samples were dried using a sublimation unit manufactured in the city Reutov, Moscow region. Drying modes: system pressure 0.5-1.0 mm Hg. Art., the temperature during the sublimation process is not higher than -10 ° C, the temperature in the product during the removal of residual moisture is not higher than 40 ° C. **Results and conclusions.** As a result of the research, the modes of freeze drying of cheeses and their influence on the quality of the product were studied. The optimum content of chia seeds in the dry cheese recipe is 5.0-8.0%. It is recommended to produce cheeses of a rounded shape with a diameter of 2 to 4 cm. The optimum temperature for preliminary freezing of the product, taking into account the moisture content in the final product, was -15 ° C. The cost price of superhard cheese with chia seeds is 37 rubles, which suggests a high demand for the product, taking into account its originality and long shelf life.

Key words: dry cheese, super hard, quality indicators, freeze-drying, chia seeds, recipe, storage capacity, drying modes.

Citation. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Serova O.P., Bozhkova S.E., Vorontsova E.S., Serbova T.V. Optimization of technological factors in the production of dry cheese. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 271-282 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-28.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 637.33

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХОГО СЫРА

И. Ф. Горлов^{1,2}, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
М. И. Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук,
О. П. Серова¹, кандидат биологических наук, доцент
С. Е. Божкова¹, кандидат биологических наук,
Е. С. Воронцова², кандидат биологических наук
Т. В. Сербова¹, магистрант

¹Волгоградский государственный технический университет

²ГНУ Поволжский НИИ мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 10.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. За счет высокого содержания минеральных веществ, незаменимых жирных и аминокислот кислот сыр обладает большой биологической ценностью. При этом он имеет несбалансированный нутриентный состав, а также малое количество пищевых волокон. В качестве источника антиоксидантов и клетчатки могут быть использованы семена чиа, которые содержат хлорогеновую, кофеиновую кислоты, кэмпферол, мирицетин, флавонол, кверцетин, защищающие пищевую среду от свободных радикалов, окисляющих жиры. **Целью** данной работы являлась разработка рецептуры и оптимизация режимов производства сухого сыра с семенами чиа для улучшения потребительских свойств продукта при его длительном хранении. **Материалы и методы.** Проведенное исследование включало в себя следующие этапы: отбор и подготовку сырья, разработку контрольных и опытных образцов, а также оценку качества полученных продуктов по органолептическим и физико-химическим свойствам, анализ экономической эффективности производства. Основные стадии производства сыра – это сквашивание, перемешивание сырной массы с семенами чиа, формование продукта и сушка. Сушку образцов проводили с использованием сублимационной установки, произведенной в г. Реутов Московской области. Режимы сушки: давление в системе 0,5-1,0 мм рт. ст., температура в процессе сублимации не выше -10°C, температура в продукте в период удаления остаточной влаги – не выше 40 °C. **Результаты и выводы.** В результате исследований изучены режимы сублимационной сушки сыров и их влияние на качество продукта. Оптимальное содержание семян чиа в рецептуре сухих сыров 5,0-8,0 %. Сыры рекомендуется вырабатывать округлой формы с диаметром от 2 до 4 см. Оптимальная температура предварительной заморозки продукта с учетом содержания влаги в конечном продукте составила -15 °C. Себестоимость сверхтвердого сыра с семенами чиа составляет 37 р., что позволяет предположить высокий спрос на продукт с учетом его оригинальности и длительной хранимостпособности.

Ключевые слова: сухой сыр, сверхтвердые сыры, показатели качества сыра, сублимационная сушка, семена чиа, рецептура сыра, хранимостпособность сыра, режимы сушки сыра.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Серова О. П., Божкова С. Е., Воронцова Е. С., Сербова Т. В. Оптимизация технологических факторов при производстве сухого сыра. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 271-282. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-28.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На данный момент пищевая промышленность руководствуется принципами государственной политики здорового питания, суть которых заключается в организации рационального производства и потребления всеми группами населения сбалансиро-

ванных продуктов. Особый интерес отводится молочным продуктам, в частности сырам, которые обладают большой биологической ценностью за счёт высокого содержания таких минеральных веществ, как кальций и фосфор, а также незаменимых аминокислот и жирных кислот, необходимых для нормального функционирования организма [4, 10].

Сыр является одним из самых распространённых молочных продуктов в массовом потреблении. Сегодня его производство и потребление во всем мире неуклонно растёт. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, ежегодный рост производства сыра в мире 1-2 % [5, 9].

Несмотря на все положительные свойства, сыр обладает несбалансированным нутриентным составом, а также имеет малое количество пищевых волокон. По химическому строению пищевые волокна классифицируются на полисахариды, например пектины, камеди, слизи, и на неуглеводные пищевые волокна, основным и наиболее известным примером которых является лигнин. Одним из свойств волокон является перевариваемость. Вышеперечисленные примеры углеводных пищевых волокон называются легко перевариваемыми, их усвояемость составляет более 70 % [1].

Отмечены следующие различные механизмы действия пищевых волокон: регуляция пищеварения – заключается в замедлении переваривания и всасывания пищевых веществ, следовательно, чувство насыщения будет сохраняться более продолжительное время; регуляция кишечной моторики и транзита пищи – стимуляция кишечной моторики; детоксикация организма – связывают и выводят из организма канцерогены, энтеротоксины, тяжелые металлы. Таким образом, пищевые волокна оказывают существенное влияние на нормальное функционирование желудочно-кишечного тракта. Главными источниками пищевых волокон являются кожура и твердые части овощей, фруктов, а также зерна и семена.

В настоящее время все большее распространение получают семена чиа, их использование в качестве функционального ингредиента считается перспективным направлением для производства продуктов питания с заданными свойствами [6]. Содержание жиров в семенах чиа составляет 40 %, белков – 16 %, отсутствует холестерин. По витаминному составу стоит отметить, что превалирует количество водорастворимых витаминов, в частности группы В: тиамин, рибофлавин и никотиновая кислота. Также установлено, что в семенах высоко содержание антиоксидантов и клетчатки, которыми беден сыр. По минеральному составу отмечено, что в наибольшем количестве содержатся следующие макроэлементы: кальций, железо, калий, цинк.

Изучая данные по усредненным значениям жирнокислотного состава семян чиа, выяснили, что таких незаменимых жирных кислот, как α -линолевая кислота и омега-3, в них содержится больше, чем в других зерновых культурах, в семенах, а также в рыбе.

У семян чиа отмечена высокая абсорбирующая способность, они могут поглощать количество воды, в 10-12 раз превышающее собственный вес. Следовательно, разбухшие семена смогут занимать достаточное количество в желудке и замедлять процесс переваривания простых углеводов, тем самым увеличивая продолжительность чувства насыщения, без резкого изменения уровня сахара в крови.

На основе доказательной медицины установлено, что фосфор и цинк, содержащиеся в семенах чиа, стабилизируют деятельность нервной и иммунной систем. Жирные кислоты и витамины положительно влияют на репродуктивную систему, а кальций укрепляет опорно-двигательный аппарат, что актуально для людей с высоким уровнем физической активности. Активные вещества, содержащиеся в семенах чиа, способствуют положительной динамике регенерирующей способности тканей в случае механических повреждений.

Химические процессы, протекающие в сыре при созревании, обуславливают его легкую усвояемость организмом за счёт расщепления белков до более простых соединений – пептидов и аминокислот. Из незаменимых аминокислот преобладают лизин,

триптофан, метионин. Стоит отметить, что сыр богат такими макроэлементами, как кальций, калий, железо, магний, фосфор и цинк, также он содержит большое количество витамина А, представителей витаминов группы В и витамин С [8, 11, 12].

Одной из главных задач работы стоит повышение хранимостпособности сыров. Для этого существуют различные способы увеличения срока хранения. Самыми распространёнными являются добавление консервантов, применение особых видов упаковки, замораживание и хранение при низких температурах, сушка [2, 7].

Действие сублимационной сушки основано на способности льда при определенных условиях испаряться, минуя жидкую фазу. Сублимационная сушка протекает при остаточном давлении ниже давления тройной точки кипения воды. Удаление влаги осуществляется фазовым переходом лед-пар. От 75 до 90 % содержащейся в продукте воды удаляется благодаря сублимированию льда при температуре ниже 0 °С, испарение остаточной влаги проводят при нагреве продукции до 40-60 °С. По сравнению с традиционными методами консервирования, сублимированная сушка обладает рядом преимуществ: возможность хранить продолжительное время при положительной температуре; значительное снижение массы готового продукта после сушки, что уменьшает транспортные расходы, упрощает систему реализации; органолептические показатели не претерпевают значительных изменений. Описанный способ можно назвать наиболее перспективным и качественным методом консервации пищевых продуктов [3].

Продукты, произведенные с использованием сублимации, обладают высоким качеством, неизменным нутриентным составом, пористым строением, незначительной усадкой. Сублимационная сушка широко используется в развитых странах, где созданы предприятия, специализирующиеся на производстве различных пищевых продуктов, выработанных по данному способу. На основе опыта применения сублимационного консервирования в промышленных масштабах был выбран именно этот способ в связи с технической и экономической целесообразностью его внедрения.

Целью данной работы является разработка рецептуры и оптимизация режимов производства сухого сыра с семенами чиа для улучшения потребительских свойств продукта при его длительном хранении.

Задачи исследования: обосновать и выбрать ингредиентный состав; разработать оригинальную рецептуру; оптимизировать технологические режимы производства; оценить органолептические, физико-химические показатели и эффективность производства.

Материалы и методы. Научно-исследовательская работа включала в себя следующие этапы: отбор и подготовку сырья, разработку контрольных и опытных образцов, а также оценку качества полученных продуктов по органолептическим и физико-химическим свойствам, анализ экономической эффективности производства. Схема экспериментального исследования представлена на рисунке 1.

Сухой сыр вырабатывают из пастеризованного коровьего молока путем сквашивания молочнокислыми бактериями с использованием метода кислотной коагуляции белков и последующим удалением сыворотки выpressовыванием с добавлением соли и наполнителей. Основные стадии производства сыра – это сквашивание, перемешивание сырной массы с семенами чиа, формирование продукта и сушка.

Сушку образцов проводили с использованием сублимационной установки, произведенной в г. Реутов Московской области. Режимы сушки: давление в системе 0,5-1,0 мм рт. ст., температура в процессе сублимации не выше – 10 °С, температура в продукте в период удаления остаточной влаги – не выше 40 °С. Вакуум в установке нарушали путем впуска в систему газообразного азота.

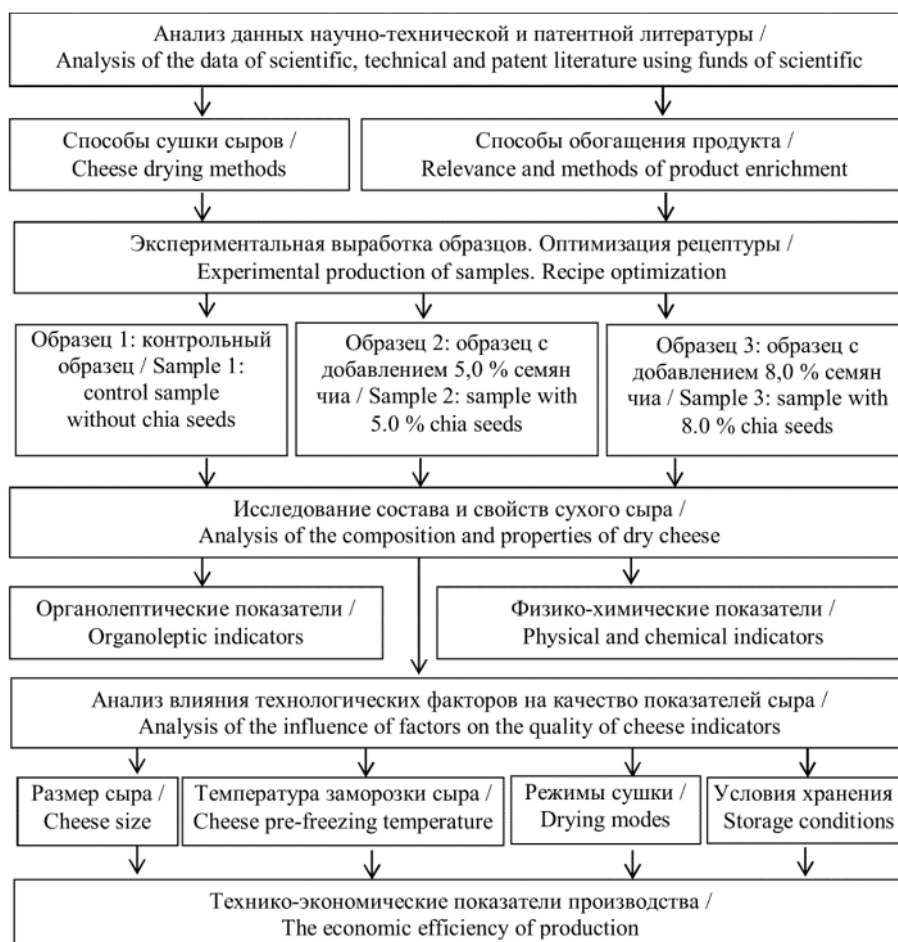


Рисунок 1 – Схема исследования

Figure 1 – Scheme of experimental studies

Исследования органолептических и физико-химических показателей образцов проводили по общепринятым методикам для анализа сыров.

Результаты и обсуждение.

Разработка и оптимизация рецептуры. Разработка рецептуры сухого сыра с семенами чиа осуществлялась с помощью предварительных лабораторных опытов по выработке сыра, которые по результатам органолептического анализа показали, что оптимальным содержанием семян чиа в продукте является от 5,0 до 8,0%. Для решения задачи по оптимизации рецептуры в лаборатории было произведено три опытных образца (таблица 1): образец 1 – контрольный образец, выработанный без семян чиа; образец 2 – с семенами чиа в количестве 5,0 %; образец 3 – с семенами чиа в количестве 8,0 %.

Таблица 1 – Рецептуры сухого сыра

Table 1 – Dry cheese recipes

Компонент / Component	Содержание в образцах / Content		
	Образец 1 / Sample 1	Образец 2 / Sample 2	Образец 3 / Sample 3
Молоко нормализованное, 3,2 % жирности, кг / Milk normalized, 3,2 % fat, kg	1000	1000	1000
Закваска DVS, кг / Fermentation DVS, kg	0.1	0.1	0.1
Соль, кг / Salt, kg	2.0	2.0	2.0
Семена чиа, кг / Chia seeds, kg	0.0	5.0	8.0

Для каждого из образцов провели органолептическую оценку продукта, результаты которой представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

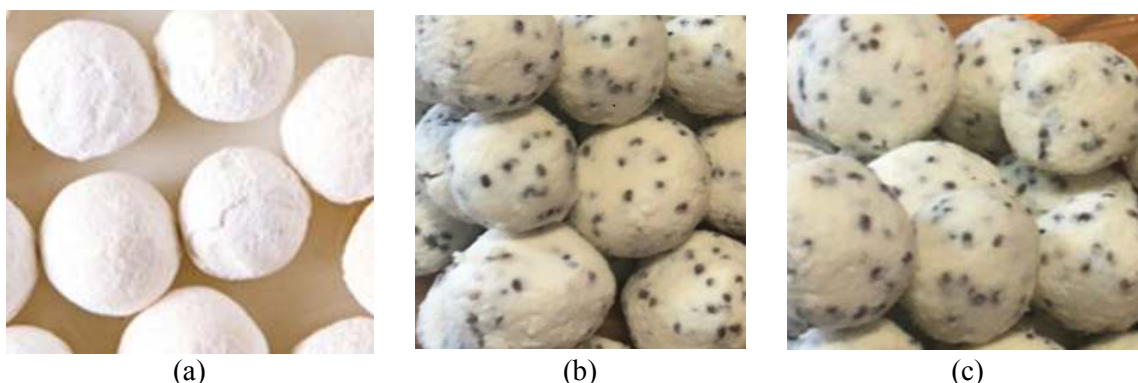


Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальных образцов: (а) – образец 1: контрольный образец, выработанный без семян чиа; (b) – образец 2: с добавлением семян чиа в количестве 5,0 %; (с) – образец 3: с добавлением семян чиа в количестве 8,0 %

Figure 2 – Appearance of experimental samples: (a) - sample 1: control sample produced without chia seeds; (b) - sample 2: with the addition of chia seeds in the amount of 5,0 %; (c) - sample 3: with the addition of chia seeds in the amount of 8,0 %

Таблица 2 – Характеристика органолептических показателей сухого сыра

Table 2 – Characteristics of organoleptic indicators of dry cheese

Показатель / Indicator	Характеристика для образцов		
	Образец 1 / Sample 1	Образец 2 / Sample 2	Образец 3/ Sample 3
Консистенция / Consistency	плотная / dense	плотная / dense	плотная / dense
Цвет / Color	белый / white	темно-белый, с черными крапинами / dark white, with black crapins	темно-белый, с черными крапинами / dark white, with black crapins
Вкус / Taste	кисломолочный, соленый / sour milky, salty	кисломолочный, соленый, с легкой кислинкой / sour, salty, with mild acidity	неинтенсивный кисломолочный, несоленый / sour, salty, with mild acidity
Запах / Smell	кисломолочный / sour milk	кисломолочный / sour milky	кисломолочный / sour milky

Анализ влияния технологических факторов на качество сыра. В результате проведенной работы выявлены несколько факторов, влияющих на процесс проведения сублимационной сушки сыра и его свойства.

Анализ взаимосвязи продолжительность заморозки и геометрических размеров сыра на его качество. Один из первых значимых факторов – это продолжительность заморозки сыра в зависимости от геометрических размеров порции. Длительность замораживания обусловлена геометрическими размерами образца. Чем меньше толщина продукта и чем больше отношение его поверхности к объему, тем быстрее происходит замораживание. Твердый сыр из спрессованного и высушенного створоженного кислого молока с добавлением соли должен иметь округлую форму диаметром от 2 до 4 сантиметров, так как его будет легче транспортировать, он не крошится, и упрощается логистика данного вида продукта. Использование такого диаметра для сухого сыра является весьма рациональным. Если делать диаметр сыра больше 4 см, продукт заморозится неравномерно, а соответственно, влага будет хуже удаляться. Если диаметр меньше 2

см, после сушки размер сыра сильно уменьшится и сыр будет крошиться (таблица 3). Оптимальная температура предварительной заморозки продукта с учетом содержания влаги в конечном продукте составила -15 °C (таблица 4).

Таблица 3 – Характеристика качества сыра в зависимости от диаметра образца

Table 3 – Cheese quality characteristics depending on the sample diameter

Показатель / Indicator	Диаметр сыра / Cheese Diameter		
	2 см / 2 cm	4 см / 4 cm	6 см / 6 cm
Консистенция / Consistency	Крошливая консистенция, много трещин на поверхности / Tiny consistency, lots of cracks on the surface	Плотная консистенция, без трещин на поверхности / Dense consistency, without cracking on the surface	Снаружи плотная консистенция, в середине мягкая / The surface is dense consistence, in the middle soft
Массовая доля влаги, % / Moisture, %	5.6	9.8	18.9
Кислотность, °T / Acidity, °T	61.5	62.0	68.5

Таблица 4 – Характеристика качества сыра в зависимости от диаметра образца

Table 4 – Characteristics of the quality of cheese depending on the sample diameter

Показатель / Indicator	Температура заморозки сыра / Cheese Freezing Temperature		
	-20°C	-15°C	-10°C
Консистенция / Consistency	Крошливая консистенция, снаружи плотная консистенция, в середине мягкая / Tiny consistency, lots of cracks on the surface	Плотная консистенция, без трещин на поверхности / Dense consistency, without cracking on the surface	Снаружи плотная консистенция, в середине мягкая / The surface is dense consistence, in the middle soft
Массовая доля влаги, % / Moisture, %	25.3	10.6	16.4
Кислотность, °T / Acidity, °T	69.5	68.0	65.0

Анализ влияния режимов сублимационной сушки на качество продукта. После загрузки замороженного продукта в сублиматор начинается период создания вакуума в системе. Длительность этого периода зависит от рассмотренных ранее факторов, а также от того, происходит ли испарение влаги из продукта.

Если температура загруженного продукта достаточно низка, чтобы соответствующая ей упругость пара была меньше давления в сублиматоре к концу периода вакуумирования, то практически влага из продукта испаряться не будет. Так, при температуре продукта -18 °C давление пара над ним p_{sample} будет составлять 0,9 мм рт. ст. Если остаточное давление в сублиматоре равно $p = 1$ мм рт. ст., то в течение всего периода вакуумирования $p_{sample} < p$ испарения не будет.

В этом случае из сублиматора должны быть удалены воздух, находившийся в его объеме, и газы, адсорбированные поверхностями сублиматора и продукта.

Если температура продукта достаточно высока, чтобы p_{sample} было в течение периода создания вакуума больше, чем p , вакуумирование будет сопровождаться испарением и удалением образовавшегося пара. Длительность вакуумирования во втором случае будет больше.

В действительности обычно в начале вакуумирования $p_{\text{sample}} < p$, и испарения не происходит (продукт воспринимает тепло из окружающей среды); в конце периода $p_{\text{sample}} > p$, и происходит частичная сублимация льда с поверхности продукта.

В результате проведенных исследований указанных факторов при производстве сухого сыра можно сделать вывод, что данный вид сушки сыра оказывает положительное влияние на качество продукта, что подтверждается органолептическими и физико-химическими исследованиями.

Анализ влияния длительного хранения на качество продукта.

Органолептические показатели образцов при хранении при температуре 21 °С в течение 30 дней. Экспериментальные образцы поместили в контейнеры без доступа воздуха при комнатной температуре 21 °С на 1 месяц. В течение этого времени контейнеры не перемещали, крышки не открывали, в комнате поддерживали в среднем одинаковую температуру.

По итогам эксперимента на поверхности контрольного образца без семян чиа наблюдались в небольшом количестве образования колоний микроорганизмов оранжевого и зеленого цвета, которые свидетельствуют о порче продукта, об активном развитии кишечной палочки, плесени и дрожжей. Консистенция мягкая и мажущаяся. Запах кисломолочный, слегка неприятный.

На поверхности образцов № 2 и № 3 с семенами чиа в количестве 5 % и 8 % не наблюдалось образование колоний микроорганизмов, консистенция слегка крошливая, запах кисломолочный.

В образце № 3 отмечено наименьшее количество негативных последствий при заданных параметрах хранения сыра. Но при этом произошли незначительные изменения органолептических показателей, в частности, консистенция стала неплотная, крошливая.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод, что наилучшие показатели выявлены у образца № 3 с семенами чиа в количестве 8 %. Так как семена чиа состоят из большого количества антиоксидантов (хлорогеновая, кофейная кислоты, кэмпферол, мирицетин, флавонол, кверцетин, витамины Е, С), то они замедляют процесс окисления и распространение радикалов, тем самым продлевают срок хранения продукта.

Показатели качества образцов при хранении при температуре 4-6 °С в течение 6 месяцев. Рекомендуемый срок хранения сверхтвердого сыра 6 месяцев. Результаты анализа основных показателей качества образцов сыра, которые хранили в герметичной упаковке в течение 6 месяцев при 4-6 °С, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели качества образцов в конце срока хранения

Table 5 – Sample quality indicators at the end of the shelf life

Показатель / Indicator	Значения		
	Образец 1 / Sample 1	Образец 2 / Sample 2	Образец 3/ Sample 3
Органолептические показатели / Organoleptic indicators	Соответствуют показателям в начале срока хранения, приведенным в таблице		
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	16.7	11.2	9.8
Кислотность, °Т / Acidity, °Т	68.0	65.0	62.0

В результате исследований отмечено высокое качество всех образцов по органолептическим показателям, что подтверждает правильность выбора оптимальных режимов производства.

Наименьшее количество влаги зафиксировано в образце № 3 и составило 9,8 %, что объясняется использованием в рецептуре семян чиа, которые обладают гигроскопичными свойствами и способствуют уменьшению содержания свободной влаги в продукте.

Кислотность образцов составила 62-68 °Т на конец срока годности, что соответствует требованиям действующих нормативных документов для продукции данного вида.

Анализ технико-экономических показателей производства сухого сыра. На основе выработки опытных образцов была проведена оценка экономической эффективности производства путем расчета себестоимости продукта (рисунок 3).

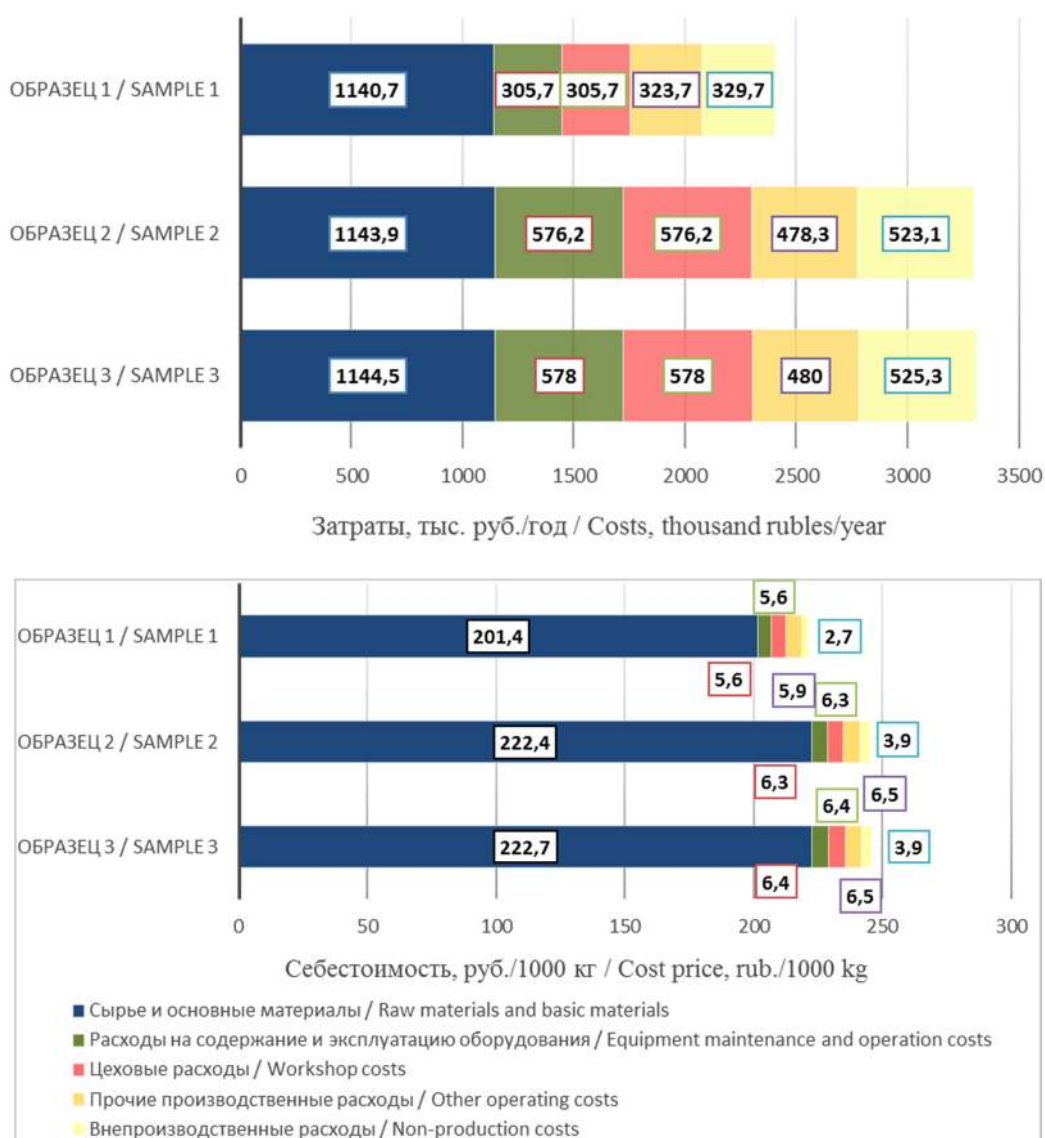


Рисунок 3 – Проектная калькуляция себестоимости

Figure 3 – Project cost calculation

По результатам экономического расчета объем капитальных вложений на запуск производства сверхтвердого сыра, включающий в себя покупку недостающего оборудования, составляет 15 млн р.

Себестоимость 1 кг сыра без растительного наполнителя составляет 221,4 р. Себестоимость сыра массой 150 г составляет 33,2 р.

Себестоимость 1 кг сыра с растительным наполнителем (семенами чиа) составляет 246 р. Себестоимость сыра массой 150 г – 37 р. Таким образом, себестоимость сыра, произведенного согласно разработанным рецептурам с добавлением семян чиа, больше себестоимости контрольного образца на 11 %. В то же время повышение себестоимости нивелируется увеличенным сроком хранения продукта, высокой пищевой ценностью и инновационностью.

Выводы. Производство сухих сыров на основе вакуумной сублимационной сушки с использованием семян чиа существенно расширит ассортимент сухих молочных продуктов.

Оптимальное содержание семян чиа в рецептуре сухих сыров – 5,0-8,0 %. Сыры рекомендуется вырабатывать округлой формы с диаметром от 2 до 4 сантиметров. Оптимальная температура предварительной заморозки продукта с учетом содержания влаги в конечном продукте составила -15 °С. Экономическая целесообразность производства разработанных сыров подтверждается расчетом себестоимости, которая составила 37 рублей за порцию 150 г.

Выбранный способ и режимы сушки позволяют в течение длительного времени сохранять качество и полезные свойства твердых сыров. Разработанные сухие сыры являются незаменимым продуктом для диетического питания, снабжения труднодоступных районов, армии, экспедиций.

Библиографический список

1. Анализ сыропригодности молочного сырья и качества обогащённых сырных продуктов / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, С. Е. Божкова, Д. С. Белова, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 258-267.
2. Ермолаев В. А. Влияние упаковки на сохранность сухих сыров // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5 (128). С. 86-90.
3. Ермолаев В. А. Исследование влияния температурно-влажностных режимов на продолжительность хранения сухого сырного продукта // Вестник КрасГАУ. 2017. № 4 (127). С. 102-107.
4. Оптимизация биотехнологии производства кисломолочного напитка на основе молока, полученного от коров голштинской породы / И. Ф. Горлов, Д. В. Николаев, М. В. Забелина, С. Е. Божкова, П. В. Смутнев, И. Ю. Тюрин, Г. Е. Шардина // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 76-80.
5. Отечественный и мировой опыт в развитии рынка сыров и сырных продуктов / Н. В. Жукова, Н. М. Сурай, А. А. Майоров, Б. Д. Кудинов, Х. Т. Айдинов, М. Г. Кудинова // Экономические науки. 2019. № 11 (180). С. 39-45.
6. Разработка рецептуры мягкого сырного продукта с йодированным белково-растительным компонентом / Е. В. Карпенко, Е. Ю. Злобина, Ю. В. Стародубова, В. С. Гришин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (54). С. 132-143.
7. Совершенствование конструкции устройства для изготовления сыра / В. Н. Храмова, С. Е. Божкова, Е. А. Беднарская, Д. С. Белова // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2020. № 1 (236). С. 50-53.
8. Сравнительный анализ показателей качества и безопасности сухого сыра "Адыгейский" и твердого сыра "Пармезан" / З. Н. Хатко, М. А. Гашева, А. Б. Тхайшаова, Н. С. Хиштова, Ю. Е. Сапрыкина // Новые технологии. 2018. № 2. С. 66-72.
9. Храмцов А. Г. Маслоделие и сыроделие: приоритеты развития для обеспечения продовольственной независимости России // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 1. С. 15.

10. Anaerobic digestion of cheese whey: energetic and nutritional potential for the dairy sector in developing countries / H. Escalante, L. Castro, M. P. Amaya, L. Jaimes, J. Jaimes-Estevez // Waste Management. 2018. V. 71. P. 711-718.

11. Impact of processing conditions on microstructure, texture and chemical properties of model cheese from sheep milk / A. Aldalur, M. A. Bustamante, L. J. R. Barron, L. Ong, S. L. Gras // Food and Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C. 2019. V. 116. P. 160-169.

12. Yoon Y., Lee S. Choi K.-H. Microbial benefits and risks of raw milk cheese // Food Control. 2016. V. 63. P. 201-215.

Conclusion. The production of dry cheeses based on vacuum freeze-drying using chia seeds will significantly expand the range of dry dairy products.

The optimal content of chia seeds in the recipe of dry cheeses is 5.0-8.0%. Cheeses are recommended to produce a rounded shape with a diameter of 2 to 4 cm. The optimal pre-freezing temperature of the product, taking into account the moisture content in the final product, was -15°C. The economic feasibility of the production of the developed cheeses is confirmed by the calculation of the cost price, which amounted to 37 rubles per serving of 150 g.

The selected method and drying modes allow you to maintain the quality and useful properties of hard cheeses for a long time. The developed dry cheeses are an indispensable product for dietary nutrition, supply of hard-to-reach areas, the army, and expeditions.

References

1. Analiz syoprigodnosti molochного syr'ya i kachestva obogashjonnyh syrnyh produktov / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, S. E. Bozhkova, D. S. Belova, E. S. Voroncova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 258-267.

2. Ermolaev V. A. Vliyanie upakovki na sohrannost' suhikh syrov // Vestnik KrasGAU. 2017. № 5 (128). P. 86-90.

3. Ermolaev V. A. Issledovanie vliyaniya temperaturno-vlazhnostnyh rezhimov na prodolzhitel'nost' hraneniya suhogo syrного produkta // Vestnik KrasGAU. 2017. № 4 (127). P. 102-107.

4. Optimizatsiya biotekhnologii proizvodstva kislomolochного napitka na osnove moloka, poluchennogo ot korov golshtinskoj porody / I. F. Gorlov, D. V. Nikolaev, M. V. Zabelina, S. E. Bozhkova, P. V. Smutnev, I. Yu. Tyurin, G. E. Shardina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 10. P. 76-80.

5. Otechestvennyj i mirovoj opyt v razvitii rynka syrov i syrnyh produktov / N. V. Zhukova, N. M. Suraj, A. A. Majorov, B. D. Kudinov, H. T. Ajdinov, M. G. Kudinova // }konomicheskie nauki. 2019. № 11 (180). P. 39-45.

6. Razrabotka receptury myagкого syrного produkta s jodirovannyim belkovo-rastitel'nym komponentom / E. V. Karpenko, E. Yu. Zlobina, Yu. V. Starodubova, V. S. Grishin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3 (54). P. 132-143.

7. Sovershenstvovanie konstrukcii ustrojstva dlya izgotovleniya syra / V. N. Hramova, S. E. Bozhkova, E. A. Bednarskaya, D. S. Belova // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. 2020. № 1 (236). P. 50-53.

8. Sravnitel'nyj analiz pokazatelej kachestva i bezopasnosti suhogo syra "Adygejskij" i tverdogo syra "Parmezan" / Z. N. Hatko, M. A. Gasheva, A. B. Thajshaova, N. S. Hishtova, Yu. E. Saprykina // Novye tehnologii. 2018. № 2. P. 66-72.

9. Hramcov A. G. Maslodelie i syrodelie: priority razvitiya dlya obespecheniya proizvodstvennoj nezavisimosti Rossii // Syrodelie i maslodelie. 2018. № 1. P. 15.

10. Anaerobic digestion of cheese whey: energetic and nutritional potential for the dairy sector in developing countries / H. Escalante, L. Castro, M. P. Amaya, L. Jaimes, J. Jaimes-Estevez // Waste Management. 2018. V. 71. P. 711-718.

11. Impact of processing conditions on microstructure, texture and chemical properties of model cheese from sheep milk / A. Aldalur, M. A. Bustamante, L. J. R. Barron, L. Ong, S. L. Gras // Food and Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C. 2019. V. 116. P. 160-169.

12. Yoon Y., Lee S. Choi K.-H. Microbial benefits and risks of raw milk cheese // Food Control. 2016. V. 63. P. 201-215.

Authors Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131), tel. (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, Head of the Department "Food Production Technologies" of the Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>. E-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, corresponding member RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131), tel. (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, Professor of the Department "Food Production Technologies" of the Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: slozhenkina@mail.ru

Serova Olga Petrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of "Food Production Technologies" of the Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005). E-mail: s_vyatka@mail.ru

Bozhkova Svetlana Evgenevna, Candidate of Biological Sciences, lector of the Department "Food Production Technologies" of the Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005). E-mail: bozhkova@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. E-mail: esvoronts@mail.ru

Serbova Tatyana Vyacheslavovna, Master's student of Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005).

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, зав. кафедрой «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>. E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, профессор кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: niimmp@mail.ru

Серова Ольга Петровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28). E-mail: s_vyatka@mail.ru

Божкова Светлана Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28). E-mail: bozhkova@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. E-mail: esvoronts@mail.ru

Сербова Татьяна Вячеславовна, магистрант Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28).

ZOOTECHNICAL INDICATORS OF AGRICULTURAL BIRDS WHEN USING A BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE

V. V. Shkalenko, A. K. Karapetyan, Yu.G. Bukaeva, A.A. Baksarova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 04.02.2021

Submitted 12.05.2021

Summary

The article presents the results of using the anti-stress additive «Feed Food Magic Antistress Mix» for broiler chickens. In the research center of the Volgograd State Agrarian University, studies were carried out, during which it was found that all the studied zootechnical, physiological and biochemical parameters of the experimental bird were normal. We consider it important to note that the best was the group of poultry in which, along with the main diet, they used «Feed-Food Magic Antistress Mix» in a dose (200 g / t of feed).

Abstract

Introduction. Poultry farming is one of the branches of the fastest-growing animal husbandry, which makes it possible to obtain many times more products - meat and eggs, by-products and raw materials for processing with the least expenditure of labor, feed and funds [7, 11]. The meat yield and its presentation is an indicator of the quality of the products [1, 8]. The latest achievements in the field of breeding, developments in feeding technology make it possible for modern poultry farming to increase the productivity of broilers. [3, 6] In the course of raising and exploiting poultry, various stresses arise that have a significant impact on its safety and productivity. In order to reduce the negative impact of stress in the diet of meat chickens include anti-stress drugs that have a positive effect on their productive qualities [2, 5]. In this regard, the study of the effect of the drug «Feed Food Magic Antistress Mix» on the zootechnical parameters of broiler chickens is relevant and has practical value. The object of the research was the poultry of the cross «Ross – 308». **Materials and methods.** In the Ilovinsky district, day-old chickens were purchased at the Joint Stock Company «Poultry Factory «Krasnodonskaya». They were divided into three groups (randomly): control and two experimental. Each group consisted of 120 animals. The fattening period is 35 days. The experiment was carried out on the basis of the research center of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» with floor technology for keeping poultry. **Results and conclusions.** In all age periods, the live weight of broiler chickens was within the normative indicators of the cross. However, there were differences in the dynamics of average daily gains between the control and experimental groups. The calculated gain in live weight (average daily) for the entire period of the experiment in the experimental groups was higher than the level of the control group. After seating day old chicks in sections, it turned out that there are more males in the experimental groups than in the control. On the 35th day of the experiment, the control slaughter of poultry was carried out.

Key words: poultry, stress, anti-stress additive, live weight, growth dynamics, herd uniformity.

Citation. Skalenko V. V., Karapetyan A. K., Baksarova A. A., Bukaeva Y. G. Zootechnical indicators of agricultural birds when using a biologically active additive. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 283-289 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-29.

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

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.5.033.087.7

ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ

В. В. Шкаленко, доктор биологических наук

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Ю. Г. Букаева, соискатель; **А. А. Баксарова**, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 04.02.2021

Дата принятия к печати 12.05.2021

Актуальность. Птицеводство – это одна из отраслей самого быстро созревающего животноводства, которая дает возможность при наименьших затратах труда, кормов и средств получать в разы больше продуктов: мяса и яиц, субпродуктов и сырья для переработки [7, 9]. Выход мяса и его товарный вид – это показатель качества выпускаемой продукции [2, 8]. Новейшие достижения в области селекции, разработки в технологии кормления дают возможность современному птицеводству повысить продуктивность цыплят-бройлеров [3, 4]. В ходе выращивания и эксплуатации птицы возникают различные стрессы, которые оказывают значительное воздействие на её сохранность и продуктивность. С целью снижения отрицательного воздействия стрессов в рацион мясных цыплят включают антистрессовые препараты, оказывающие положительное влияние на их продуктивные качества [1, 6]. В связи с этим изучение влияния препарата «Фид Фуд Меджик Антистресс Микс» на зоотехнические показатели цыплят-бройлеров является актуальным и имеет практическое значение. **Объект исследования.** Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица кросса «Ross – 308». **Материалы и методы.** В Иловлинском районе на АО «Птицефабрика Краснодонская» были приобретены суточные цыплята. Они были разделены на три группы (произвольно): контрольная и две опытные. В каждой группе находилось по 120 голов. Срок откорма – 35 дней. Опыт проводился на базе научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» с напольной технологией содержания птицы. **Результаты и выводы.** Во все возрастные периоды живая масса цыплят-бройлеров находилась в пределах нормативных показателей кросса. Однако были замечены отличия в динамике среднесуточных приростов между контрольной и опытными группами. Рассчитанный нами прирост живой массы (среднесуточный) за весь период опыта в опытных группах находился выше уровня контрольной группы. После рассадки суточных цыплят по секциям оказалось, что петушков в опытных группах больше, чем в контрольной. На 35 день опыта осуществили контрольный убой сельскохозяйственной птицы.

Ключевые слова: зоотехнические показатели птицы, стрессы птицы, антистрессовые добавки, живая масса цыплят-бройлеров, динамика прироста цыплят, однородность стада птицы.

Цитирование. Шкаленко В. В., Карапетян А. К., Букаева Ю. Г., Баксарова А. А. Зоотехнические показатели сельскохозяйственной птицы при использовании биологически активной добавки. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 283-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-29.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Современное общество ставит перед животноводством одну из самых важных и сложных задач – обеспечить население качественными и безопасными продуктами питания [5, 10].

Как известно, птицеводство является стремительно развивающейся отраслью АПК, применяющей в своей работе новые разработки и схемы, помогающие поднять уровень продуктивности сельскохозяйственной птицы [3, 7, 9, 11].

Целью опыта было изучение влияния препарата «Фид Фуд Меджик Антистресс Микс» на зоотехнические и продуктивные показатели цыплят-бройлеров.

Объект исследования. Объектом исследования стали цыплята – бройлеры кросса «Ross – 308».

Материалы и методы. Опыт проводили на птице гибридного кросса «Ross – 308» на базе научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» с напольной технологией содержания. Цыплят в произвольном порядке группировали в следующие группы (контроль, I опытная и II опытная), в каждой из которых находилось по 120 голов. Длительность опыта 35 суток.

Птица контрольной группы получала основной рацион. Дополнительно к основному рациону птица группы I опытной получала антистрессовую добавку «ФИД ФУД Мэджик Антистресс Микс» 0,05 % на тонну комбикорма, а II опытной – 0,02 % антистрессовой добавки на тонну комбикорма (таблица 1).

Таблица 1 – Схема выполнения опыта

Table 1 – Scheme of implementation of the experiment

Группа / Group	Условия питания подопытных цыплят / Feeding conditions of experimental chickens
Контроль / Control	Основной рацион (OP)/ Basic diet
I опытная / I experienced	OP + FID FOOD Magic Antistress Mix (500 г/т корма) / Basic diet + FID FOOD Magic Antistress Mix (500 g / t of feed)
II опытная / II experimental	OP + FID FOOD Magic Antistress Mix (200 г/т корма) / Basic diet + FID FOOD Magic Antistress Mix (200 g / t of feed)

Следует отметить, что условия содержания и кормления птицы всех групп были идентичными и соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Результаты и обсуждение. Перед посадкой было проведено индивидуальное взвешивание суточных цыплят-бройлеров (рисунок 1).



Рисунок 1 – Взвешивание суточных цыплят перед посадкой

Figure 1 – Weighing day old chicks before planting

Результаты контрольных еженедельных взвешиваний птицы наглядно представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Живая масса птицы в динамике (n=120)

Table 2 – Dynamics of live weight of test subjects chickens (n = 120)

Группа / Group	Возраст, дни / Age, days					
	Сутки / day	7 дней / 7 days	14 дней / 14 days	21 день / 21 days	28 дней / 28 days	35 дней / 35 days
Контроль / Control	40,81±0,43	200,09±0,99	456,16±4,04	880,53±7,84	1479,25±10,21	2201,93±20,4
I опытная / I experienced	41,35±0,48	208,11±2,04	458,31±3,98	896,54±7,12	1493,25±9,83	2267,12±21,78*
II опытная / II experimental	40,88±0,41	206,00±2,17**	460,46±4,25	892,5±7,91	1491,74±10,45	2238,84±22,1

* P > 0,95, ** P > 0,99, ***P > 0,999

Анализ роста и развития подопытных цыплят-бройлеров показал хорошую динамику роста во всех группах и секциях. Во все возрастные периоды живая масса цыплят-бройлеров находилась в пределах нормативных показателей кросса или несколько превышала их. Превышение показателя живой массы в возрасте 7 дней в I опытной группе составило 7,91 г (3,95 %), а во II опытной группе – 14,02 г (7,01 %) относительно контроля. Приросты живой массы (среднесуточные) представлены на рисунке 2.

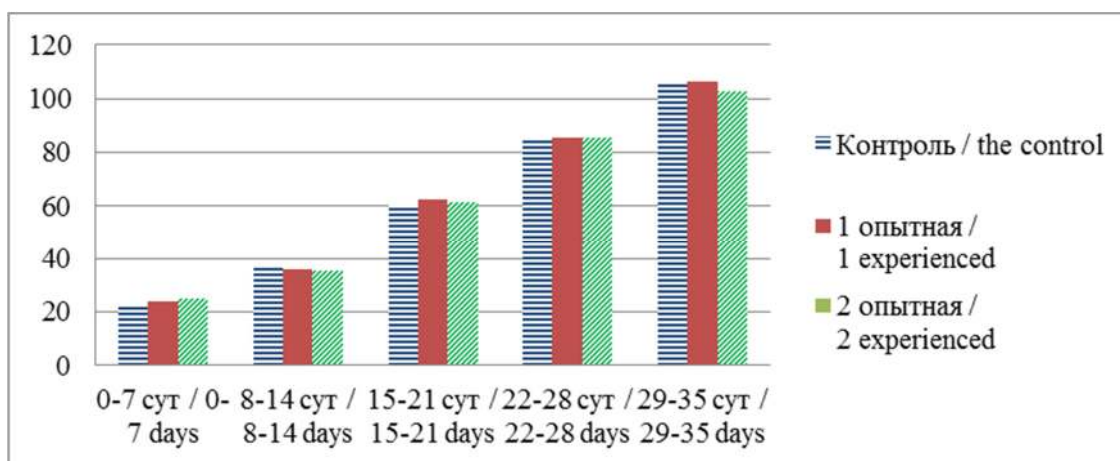


Рисунок 2 – Динамика среднесуточных приростов живой массы подопытных цыплят, г

Figure 2 – Dynamics of average daily gains in live weight of experimental chickens, g

Аналогичные результаты можно увидеть и при анализе среднесуточных приростов цыплят-бройлеров в группах опытных. Значительные различия в показателях среднесуточных приростов между опытными и контрольной группами зафиксированы в большей мере в возрастной период 8-21 дней. Повышение показателя «среднесуточный прирост» в I группе составил 7,00 %, а во II опытной группе – 3,95 % по сравнению с контролем. Анализируя показатели приростов в опытных группах, можно отметить, что птица II группы показала большие приросты, чем птица I опытной группы.

Показатель «живая масса» на 35 день опыта у птицы группы I опытной превалировал над данным показателем группы II опытной на 1,26 % (рисунок 3).

При этом необходимо учесть, что по этому показателю и I, II опытные группы были лучше контрольной соответственно на 65,19 и 36,91 г.

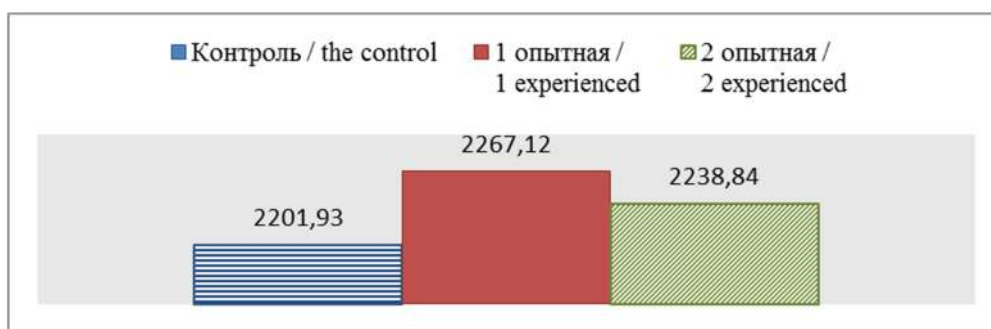


Рисунок 3 – Живая масса подопытной птицы в день убоя, г

Figure 3 – Live weight of experimental birds on the day of slaughter, g

Получены достаточно хорошие средние результаты по динамике живой массы и среднесуточному приросту. В таблице 4 представлена сохранность птицы на 35 день опыта – день убоя.

Таблица 4 – Сохранность птицы на момент убоя (n=120)

Table 4 – Safety of poultry at the time of slaughter (n = 120)

Группа / Group	Количество голов / Number of heads
Контроль / the control	116
I опытная / I experienced	120
II опытная / II experienced	119

В I опытной группе показатель «сохранность» составил 100 %, во II группе – 99,16 %, в контроле – 96,66 %.

Выводы. С целью снижения отрицательного воздействия стрессов в рацион мясных цыплят был включен антистрессовый препарат, который оказал положительное влияние на их продуктивные качества. Получены высокие результаты по сохранности птицы, также наблюдалась хорошая динамика роста и развития цыплят во всех группах и секциях. Во все возрастные периоды живая масса цыплят-бройлеров находилась в пределах нормативных показателей кросса. Анализируя данные показателя приростов во всех группах, можно заметить, что птица из группы I опытной, получавшая в составе рациона изучаемую нами кормовую добавку в дозе 500 г/т комбикорма, показала большие приросты, чем птица из группы II опытной. Сравнив показатель живого веса птицы в возрасте 35 суток, получили, что I опытная группа преобладала над контролем на 2,96 %, а над II опытной – 0,76 %. Показатель «сохранность» дал следующие результаты: I опытная группа преобладала над контролем на 3,34 %, а над II опытной – 0,84 %.

Библиографический список

- Егоров И. А., Вертипрахов В. Г., Ленкова Т. Н. Экспрессия генов, состав микробиома кишечника и биохимические показатели крови при использовании белого люпина в комбикормах для бройлеров // Птицеводство. 2020. № 12. С. 15-20.
- Манукян В. А., Байковская Е. Ю., Силаева А. В. Влияние баланса электролитов в рационе на некоторые показатели минерального обмена у кур-несушек // Птицеводство. 2020. № 10. С. 35-39.
- Николаев С. И., Гришина Е. Ю. Переваримость питательных веществ у цыплят-бройлеров при использовании в рационах рыжикового жмыха, растительного кормового концентрата «Сарепта» отдельно и совместно с бишофитом // Известия НВ АУК. 2015. № 3 (39). С. 131-134.
- Повышение продуктивности племенной птицы кросса Хайсекс коричневый при использовании в кормлении премиксов / С. В. Чехранова, Н. А. Дюжева, И. А. Пономарченко, В. А. Корнилова // Известия НВ АУК. 2018. № 4 (52). С. 83-89.

5. Сабыржанов А. У., Муллакаев О. Т., Кушалиев К. Ж. Морфология крови молодняка и кур-несушек, получавших кормовые добавки «Виломикс» и «Сувар» // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2017. № IV. С. 123-127.

6. Сабыржанов А. У., Муллакаев О. Т., Кушалиев К. Ж. Актуальность использования кормовых добавок в промышленном и частном птицеводстве // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2016. № 2. С. 138-141.

7. Шерстюгина М. А. Повышение продуктивности сельскохозяйственной птицы при использовании премиксов // Сельскохозяйственный журнал. 2014. № 7. С. 234-237.

8. Cerrate S., Corzo A. Lysine and Energy Trends in Feeding Modern Commercial Broilers // International Journal of Poultry Science. 2019. V. 18. No 1. P. 28-38.

9. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / X. C. Wang [et al.] // Poult Sci. 2017. V. 96. I. 5. P. 1316-1324.

10. Lei X. J., Lee K. Y., Kim I. H. Performance, egg quality, nutrient digestibility, and excreta microbiota shedding in laying hens fed corn-soybean-meal-wheat-based diets supplemented with xylanase // Poult Sci. 2018. V. 97. I. 6. P. 2071-2077.

11. The effects of diets supplemented with phytase on the productive performance, biochemical and morphological blood indices in broilers and layers of broiler preparatory lines / I. A. Egorov, V. G. Vertiprakhov, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova, A. A. Grozina // Bioscience Research. 2020. V. 17. № 4. P. 2465-2471.

Conclusions. Good results were obtained for the safety of poultry, and good dynamics of growth and development of chickens in all groups and sections was observed. Analyzing the indicators of the increase in live weight of chickens in the experimental groups, one can notice the following tendency: that in broiler chickens in the II experimental group, in which they received the studied feed additive at a dose of 200 g / t of feed, the growth rate live weight was higher than in experimental group I, in which broiler chickens received the studied feed additive at a dose of 500 g / t of feed.

As recommendations, the following can be distinguished: apply the anti-stress feed additive Fid-Food Magic Antistress Mix according to the attached instructions, that is, only during stressful situations.

Reference

1. Egorov I. A., Vertiprakhov V. G., Lenkova T. N. Gene expression, intestinal microbiome composition and blood biochemical parameters when using white lupine in mixed feed for broilers // Poultry. 2020. No. 12. P. 15-20.

2. Manukyan V. A., Baikovskaya E. Yu., Silaeva A. V. The influence of the balance of electrolytes in the diet on some indicators of mineral metabolism in laying hens // Poultry. 2020. No. 10. P. 35-39.

3. Nikolaev S. I., Grishina E. Yu. Digestibility of nutrients in broiler chickens when used in the diets of camelina oil cake, vegetable feed concentrate "Sarepta" separately and together with bischofite // Izvestia NV AUK. 2015. No. 3 (39). P. 131-134.

4. Increasing the productivity of breeding poultry of the Hisex brown cross when using premixes in feeding / S. V. Chekhranova, N. A. Dyuzheva, I. A. Ponomarchenko, V. A. Kornilova // Izvestia NV AUK. 2018. No. 4 (52). P. 83-89.

5. Sabyrzhonov A. U., Mullakaev O. T., Kushaliev K. Zh. Blood morphology of young and laying hens receiving feed additives "Vilomix" and "Suvar" // Uchenye zapiski KGAVM im. N. E. Bauman. 2017. No. IV. P. 123-127.

6. Sabyrzhonov A. U., Mullakaev O. T., Kushaliev K. Zh. The relevance of the use of feed additives in industrial and private poultry farming // Uchenye zapiski KGAVM im. N. E. Bauman. 2016. № 2. P. 138-141.

7. Sherstyugina M. A. Increasing the productivity of poultry with the use of premixes // Agricultural journal. 2014. No. 7. P. 234-237.

8. Cerrate S., Corzo A. Lysine and Energy Trends in Feeding Modern Commercial Broilers // International Journal of Poultry Science. 2019. V. 18. No. 1. P. 28-38.
9. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / X. C. Wang [et al.] // Poult Sci. 2017. V. 96. I. 5. P. 1316-1324.
10. Lei X. J., Lee K. Y., Kim I. H. Performance, egg quality, nutrient digestibility, and excreta microbiota shedding in laying hens fed corn-soybean-meal-wheat-based diets supplemented with xylanase // Poult Sci. 2018. V. 97. I. 6. P. 2071-2077.
11. The effects of diets supplemented with phytase on the productive performance, biochemical and morphological blood indices in broilers and layers of broiler preparatory lines / I. A. Egorov, V. G. Vertiprakhov, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova, A. A. Grozina // Bioscience Research. 2020. V. 17. № 4. P. 2465-2471.

Информация об авторах

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор биологических наук
ORCID: 0000-0002-1627-4597 vera.shkalenko@mail.ru

Карапетын Анжела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Букаева Юлия Григорьевна, старший преподаватель кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-3675> shabasheva.yuliya@mail.ru

Баксарова Анастасия Анатольевна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9235-5084> aa.alseitova@gmail.com

Author information

Vera Vladimirovna Shkalenko, Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals", Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Biological Sciences. ORCID: 0000-0002-1627-4597 vera.shkalenko@mail.ru

Angela Keropovna Karapetyan, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Candidate of Agricultural Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Yulia Grigorevna Bukueva, Senior Lecturer of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, pr. 26 Universitetskiy street)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-3675> shabasheva.yuliya@mail.ru

Anastasia Anatolyevna Baksarova, Lecturer of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9235-5084> aa.alseitova@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-30

FUNCTIONAL SAUSAGE BREAD IN THE NUTRITION OF ATHLETES

V. N. Khramova, A. M. Pimenova, Ya. I. Khramova, S. E. Bozhkova

Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 13.04.2021

Submitted 10.06.2021

Summary

The paper shows the results of the research of the quality parameters of the developed meat product – sausage bread with the use of dietary poultry meat-chickens and ducks, a vegetable component for enriching its composition-hydrated lentils, as well as functional food additives – vitamin and mineral supplements and acylated chitin «Chitosan». It was found that due to the introduction of lentils in the recipe of sausage bread, the mass fraction of protein (%) and the total content of amino acids (mg%)

increase by 3,6 and 4,4 respectively. the addition of a vitamin and mineral supplement to the sample led to a decrease in the content of sodium nitrite, and the use of chitosan positively affected the rheological and functional properties of the finished product.

Abstract

Introduction. Nowadays, the production of meat products of functional sports nutrition is one of the most promising areas in the food industry, as sports occupy an increasingly important position in human life. The latest developments in sports nutrition in meat production are compositions that have a higher biological value compared to standard sausage products and meat products. Such compositions are enriched with macro-and micronutrients that are useful for the human body. The article raises the current topic of proper nutrition, leading to a healthy lifestyle. The article considers an innovative product of functional purpose in the diet of athletes and people who maintain good physical shape. The authors propose to develop and use «Sausage bread for sports nutrition» in nutrition to maintain good physical shape. **The purpose** of the presented work was to develop a functional meat product, namely sausage bread for sports nutrition with increased biological and nutritional values, due to the introduction of such components into the recipe that enrich the ready-to-eat meat product with proteins, vitamins, minerals and food additives. **Materials and methods.** The conducted research included the following stages: the selection of components for creating unique innovative recipes of sausage bread, the development of prototypes, their organoleptic and physico-chemical analysis. The article presents the results of studies of the quality parameters of the developed sausage product. **Results and conclusions.** According to the results of the research, the use of a plant component added to the product to enrich its composition-hydrated lentils is appropriate. The optimal concentrations of the vitamin and mineral supplement of the optimized composition and chitosan in the product were found, at which the organoleptic parameters of sausage bread improved: 0.6% of the vitamin and mineral supplement and 2.5% of chitosan. And also, according to the results of research, it was revealed that due to the introduction of sausage bread into the recipe, the mass fraction of protein (in%) and the total content of amino acids (%) increases by 3.6 and 4.4, respectively. The mass fraction of fat has a value of 2.31% due to the use of dietary poultry meat. The conducted studies allowed us to come to a conclusion about the positive effect of the components used in the recipe on the qualitative and quantitative composition of the developed meat product.

Key words: *functional nutrition, innovative product, sports nutrition, sausage bread.*

Citation. Khramova V.N., Pimenova A. M., Khramova Ya. I., Bozhkova S. E. Functional sausage bread in the nutrition of athletes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 289-298 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-30.

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. No conflicts of interest whatsoever.

УДК 637.524.26

ХЛЕБ КОЛБАСНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В ПИТАНИИ СПОРТСМЕНОВ

В. Н. Храмова, доктор биологических наук, профессор

А. М. Пименова, студент

Я. И. Храмова, аспирант

С. Е. Божкова, кандидат биологических наук, доцент

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.04.2021

Дата принятия к печати 10.06.2021

Актуальность. В наши дни производство мясных продуктов спортивного питания функциональной направленности является одним из перспективных направлений в пищевой промышленности, так как спорт занимает все более важное место в жизни человека. Новейшие разработки спортивного питания в мясопроизводстве – это композиции, имеющие более высокую биологическую ценность по сравнению со стандартными колбасными изделиями и мясны-

ми продуктами. Такие композиции обогащены полезными для человеческого организма макро- и микронутриентами. В статье поднимается актуальная на сегодняшний день тема правильного питания, ведущего к здоровому образу жизни. Рассматривается инновационный продукт функционального назначения в рационе питания спортсменов и людей, поддерживающих хорошую физическую форму. Авторы предлагают разработать и использовать в питании для поддержания хорошей физической формы «Хлеб колбасный для спортивного питания». **Цель** представленной работы заключалась в разработке мясного продукта функционального назначения, готового к употреблению, а именно колбасного хлеба для спортивного питания с повышенной биологической и пищевой ценностью, вследствие введения в рецептуру компонентов, которые обогащают белками, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами. **Материалы и методы.** Проведенное исследование включало в себя следующие этапы: выбор составных компонентов для создания уникальных инновационных рецептов колбасных хлебов, выработка опытных образцов, их органолептический и физико-химический анализ. В статье приведены результаты исследования параметров качества разработанного колбасного продукта. **Результаты и выводы.** Согласно результатам исследований, использование растительного компонента, вносимого в состав продукта для обогащения его состава – гидратированной чечевицы – является целесообразным. Были выявлены оптимальные концентрации витаминно-минеральной добавки оптимизированного состава и хитозана в продукте, при которых органолептические показатели колбасного хлеба улучшались: 0,6 % витаминно-минеральной добавки и 2,5 % хитозана. А также по результатам исследований выявлено, что благодаря введению добавок в рецептуру колбасного хлеба массовая доля белка (в %) и общее содержание аминокислот (%) увеличиваются соответственно на 3,6 и 4,4. Массовая доля жира имеет значение 2,31 % за счет использования диетического мяса птицы. Проведённые исследования позволили прийти к выводу о положительном влиянии используемых в рецептуре компонентов на качественный и количественный состав разработанного мясного продукта.

Ключевые слова: функциональное питание, инновационные продукты питания, спортивное питание, хлеб колбасный.

Цитирование. Храмова В. Н., Пименова А. М., Храмова Я. И., Божкова С. Е. Хлеб колбасный функциональной направленности в питании спортсменов. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 289-298. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-30.

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. Конфликт интересов отсутствует.

Введение. Наиболее существенный объем российского производства колбасных изделий – порядка 68 % – приходится на различные вареные колбасные изделия, в том числе колбасный хлеб [4, 6]. В последние несколько лет растет необходимость в создании и применении продуктов питания функциональной направленности в связи с увеличением неблагоприятных для нас окружающих факторов. Исходя из данных многих исследований можно сказать, что пищевые продукты обладают питательной ценностью для организма человека и способны регулировать функции, а также различные биохимические реакции. Поэтому сегодня основная задача для мясной промышленности – это создание продуктов функционального питания (ФПП) [9, 10, 12].

В России потребность в питательных веществах и витаминах обусловлена, в первую очередь, нездоровым питанием, неблагоприятной экологией, возрастанием заболеваний, учащением стрессовых ситуаций, а также повышенной физической и эмоциональной нагрузкой. Проанализировав динамику употребления пищевых продуктов в последние десять лет, пришли к выводу, что процент функциональных продуктов в структуре рациона питания россиян возрос и прогрессирует, что связано с распространением здорового питания и здорового образа жизни (ЗОЖ) [1]. На данный момент

разработка функциональных продуктов осуществляется в направлении концепции государственной политики нашей страны в сфере здорового питания, и рынок функциональной продукции развивается довольно активно [6, 9, 10].

Целью работы являлась разработка функционального продукта – колбасного хлеба для спортивного питания, содержащего в своем составе повышенное количество белка, сниженное количество жира и включающего в себя пищевые добавки, применяемые в спортивном, диетическом профилактическом и диетическом лечебном питании.

Задачи исследования: анализ органолептических и физико-химических показателей, биологической и пищевой ценности опытных образцов колбасных хлебов.

Материалы и методы. Объекты исследований – хлеб колбасный с гидратированной чечевицей, витаминами и пищевыми волокнами (экспериментальный) и хлеб колбасный без гидратированной чечевицы, витаминов и пищевых волокон (контрольный). Выработка опытных образцов и органолептический анализ осуществлялись в учебном научном центре «Колбасный цех «Технолог» и в лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» (ФГБОУ ВО ВолГТУ), в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП проводился физико-химический анализ образцов.

Способ получения композиции заключался в производстве функционального мясного продукта с использованием диетического мяса – филе мяса кур и филе мяса индейки, чечевичной крупы, витаминов и пищевых волокон, с максимальным сохранением биологически активных веществ исходного сырья.

В выборе составных компонентов для создания уникальных инновационных рецептур колбасных хлебов руководствовались принципом рационального использования сырья, повышения биологического и пищевого потенциалов готового колбасного хлеба функциональной направленности, по стандартной технологии изготовления мясных хлебов.

Особенностью производства хлеба колбасного является исключение стадии предварительного посола мясного сырья с последующей выдержкой, а также предварительная гидратация чечевичной крупы.

Выработанные образцы колбасных хлебов подвергали органолептической оценке согласно ГОСТ 9959-91 «Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки» а также физико-химическому анализу: массовую долю белка определяли по ГОСТ 25011-2017; массовую долю жира – ГОСТ 23042-2015; аминокислотный анализ – методом КЭ на системе «Капель-105М».

Результаты и обсуждение. Технологическая схема производства включает в себя следующие стадии: прием мясного сырья, куттерование, фаршесоставление, формование, одноступенчатое запекание при 130 °С до достижения температуры в центре колбасного хлеба 71-72 °С, остывание при 12°С до температуры в центре батона 18-20 °С, освобождение от форм, охлаждение при 0-4 °С до 0-15 °С в толще продукта, упаковывание, маркирование, контроль качества, хранение и реализацию.

При органолептическом анализе модельных колбасных хлебов была выявлена необходимость в предварительной термической обработке чечевичной крупы для улучшения консистенции готовых изделий. Поэтому перед фаршесоставлением чечевичную крупу предварительно гидратировали варкой при 75-85 °С на протяжении 15-20 мин, заливая водой в соотношении крупа : вода – 1 : 3.

Использование цельной предварительно гидратированной чечевичной крупы в технологии производства колбасного хлеба обогащает изделие клетчаткой, которая обладает высокой катионообменной активностью и может выводить из организма вредные вещества и тяжелые металлы. Предположительно, использование в рецептуре термообработанной чечевицы должно благоприятствовать адсорбции токсинов и радионуклидов с последующим выведением их из организма.

Применение ацилированного хитина, полученного из панцирей ракообразных после удаления ацила, в композиции обусловливается его структурообразующим действием, повышающим значения реологических характеристик пищевых продуктов. С увеличением содержания вносимого хитозана при фаршесоставлении значительно улучшались функционально-технологические и реологические характеристики готовых образцов. На основе доказательной медицины установлено бактериостатическое действие хитозана, что дает возможность использовать его в рецептуре колбасного хлеба для увеличения сроков хранения и повышения стойкости продукта. Также ацилированный хитин благотворно влияет на пищевую и биологическую ценности мясных изделий и относится к волокнам диетического назначения, которые не могут усваиваться организмом, что положительно сказывается на работе желудочно-кишечного тракта человека, так как хитозан адсорбирует токсины и благоприятствует выведению их из организма. В желудке из-за присутствия кислоты (HCl) хитозан образует раствор высокой вязкости и регулирует кислотность желудочного сока. Наконец, он проявляет свойства энтеросорбента, иммуномодулятора, ингибитора пепсина, а также предотвращает всасывание глюкозы в кровь [3, 5].

Включение в рецептуру витаминно-минеральной добавки оптимизированного состава, содержащей такие водорастворимые витамины, как B₁, B₂, C и PP (таблица 1), обусловливается снижением дозировки нитрита натрия в готовом продукте [7], а также обогащением колбасного хлеба данными витаминами, что имеет первостепенную важность при проектировании и оптимизации рецептур [2, 8, 11].

Обогащение продукта витаминами происходит следующим образом: на 100 кг несоленого сырья используют 0,6 кг витаминно-минеральной добавки, которую растворяют в 10 кг питьевой воды, тщательно перемешивают и добавляют в фарш на стадии фаршесоставления.

Также установлено, что при производстве колбасных изделий при одновременном сочетании витамина C, ниацина и витаминов группы B (тиамина, рибофлавина) происходит влияние на создание и стабилизацию цвета мясных продуктов [7].

Таблица 1 – Содержание витаминов в ВМД оптимизированного состава

Table 1 – Vitamin content in AMD of optimized composition

Наименование компонента / Component's title	Содержание, мг /1 г Quantity, mg/g	Суточная потребность, мг / Daily demand, mg
Витамин B ₁ / Vitamin B ₁	1.0	2.0
Витамин B ₂ / Vitamin B ₂	1.27	1.7
Витамин C / Vitamin C	50.0	90.0
Витамин PP / Vitamin PP	75	18.0

Выработав опытный и контрольный образцы, провели сравнительную органолептическую оценку модельных хлебов. Результаты органолептических анализов представлены в виде профилограммы (рисунок 1).

Согласно профилограмме органолептических анализов, контрольный образец явно уступает опытному образцу, так как обогащение колбасного хлеба гидратированной чечевицей, витаминно-минеральной добавкой и хитозаном положительно влияет на рисунок фарша на разрезе, консистенцию, вкус и запах, придавая ему легкие нотки витаминно-минеральной добавки оптимизированного состава. Поэтому сделан вывод, что вносимые в рецептуру компоненты влияют на органолептические показатели колбасного хлеба только положительно. Подробно с результатами анализа можно ознакомиться по данным таблицы 2.

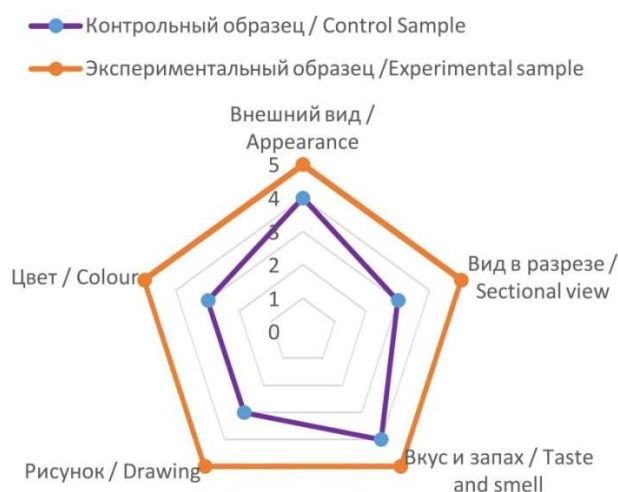


Рисунок 1 – Профилограмма органолептических показателей образцов:

1 – неудовлетворительно; 2 – удовлетворительно; 3 – хорошо; 4 – очень хорошо; 5 – отлично

Figure 1 – Profilogram of organoleptic indicators samples:

1 – unsatisfactory; 2 – satisfactory; 3 – good; 4 – very good; 5 – excellent

Таблица 2 – Органолептические характеристики продукта

Table 2 – Organoleptic characteristics of the product

Показатель / Setting	Характеристика / Characteristics	
	Экспериментальный образец / Experimental specimen	Контрольный образец / Control specimen
Внешний вид / Visual appearance	изделие без оболочки с чистой, гладкой, сухой, равномерно обжаренной поверхностью / products without a shell with a clean, smooth, dry, evenly fried surface	изделие без оболочки с чистой, гладкой, сухой, равномерно обжаренной поверхностью / products without a shell with a clean, smooth, dry, evenly fried surface
Консистенция / Consistency	упругая / elastic	умеренно упругая / moderately elastic
Вид фарша на разрезе / Type of minced meat on the cut	фарш светло-розовый равномерно перемешан, свойственный цвету используемых мясного сырья и рецептурных компонентов / the minced light pink evenly mixed, characteristic of the color of the raw meat used and prescription components	фарш светло-бежевый равномерно перемешан, свойственный цвету используемых мясного сырья и рецептурных компонентов / the minced meat is light beige and evenly mixed, which is characteristic of the color of the raw meat and prescription components used
Рисунок / Drawing	фарш неоднородной консистенции, содержащий включения чечевичной крупы по всему объему батона / minced heterogeneous consistency, containing inclusions of lentil groats throughout the volume of the loaf	рисунок отсутствует / the drawing is missing
Запах и вкус / Smell and taste	выраженный аромат пряностей без постороннего привкуса и запаха, с легкими нотками витаминно-минеральной добавки, в меру солёный / pronounced aroma of spices without foreign taste and smell, with light notes of vitamin and mineral supplements, moderately salty	в меру соленый, с выраженным ароматом пряностей без посторонних привкуса и запаха / moderately salty, with a pronounced aroma of spices without foreign taste and smell

Следующим проводился физико-химический анализ контрольного и экспериментального колбасных хлебов: определение содержания белка и жира (в % масс.), а также аминокислотного состава продукта. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний

Table 3 – Test Results

Наименование показателей качества продукции по НД / Naming of products quality parameters in accordance with the ND	Фактические показатели опытного образца / Real parameters of the experimental sample	Фактические показатели контрольного образца / Real index of the control sample
Белок, % / Protein, %	25.74	24.84
Жир, % / Fat, %	2.31	2.55
Аминокислотный состав, мг% / Amino acid composition, mg%:		
1) аргинин / arginine	1044	974
2) лизин / lysine	1718	1655
3) тирозин / tyrosine	1106	1082
4) фенилаланин / phenylalanine	832	788
5) гистидин / histidine	335	310
6) лейцин + изолейцин / leucine + isoleucine	2580	2476
7) метионин / methionine	486	478
8) валин / valine	963	918
9) пролин / proline	750	712
10) треонин / threonine	788	756
11) серин / serine	677	635
12) аланин / alanine	1516	1478
13) глицин / glycine	883	846
14) триптофан / tryptophan	33	25
ИТОГО	13711	13133

Анализ результатов показывает, что вследствие добавления в рецептуру гидратированной чечевицы в качестве дополнительного ингредиента к основному несоленому мясному сырью содержание массовой доли белка в опытном образце увеличилось на 3,6 %, в то время как содержание жира снизилось на 10,4 %.

Это объясняется химическим составом добавляемой гидратированной чечевичной крупы, в том числе благодаря весьма высокому содержанию белков – 8,8 г на 100 г, что повышает пищевую ценность готового продукта.

Также заметно изменился аминокислотный состав экспериментального образца, так как чечевица богата различными аминокислотами. Общее содержание аминокислот повысилось на 4,4 %, что повлияло на изменение биологической ценности готового продукта.

Низкие показатели содержания жира в готовом продукте обусловлены применением в композиции диетического мяса птицы: филе кур и филе индейки. Следовательно, опытный образец колбасного хлеба имеет повышенную биологическую и пищевую ценность.

На рисунке 2 представлена сравнительная характеристика контрольного и экспериментального образцов колбасного хлеба по расчетным данным восполнения суточной потребности витаминов. Результаты показывают, что при суточном употребле-

нии 200 г продукта (колбасного хлеба) по разработанной рецептуре с добавлением витаминно-комплексной добавки удовлетворение суточной потребности в этих витаминах обеспечивает компенсацию необходимых затрат для взрослого человека (в том числе спортсмена).

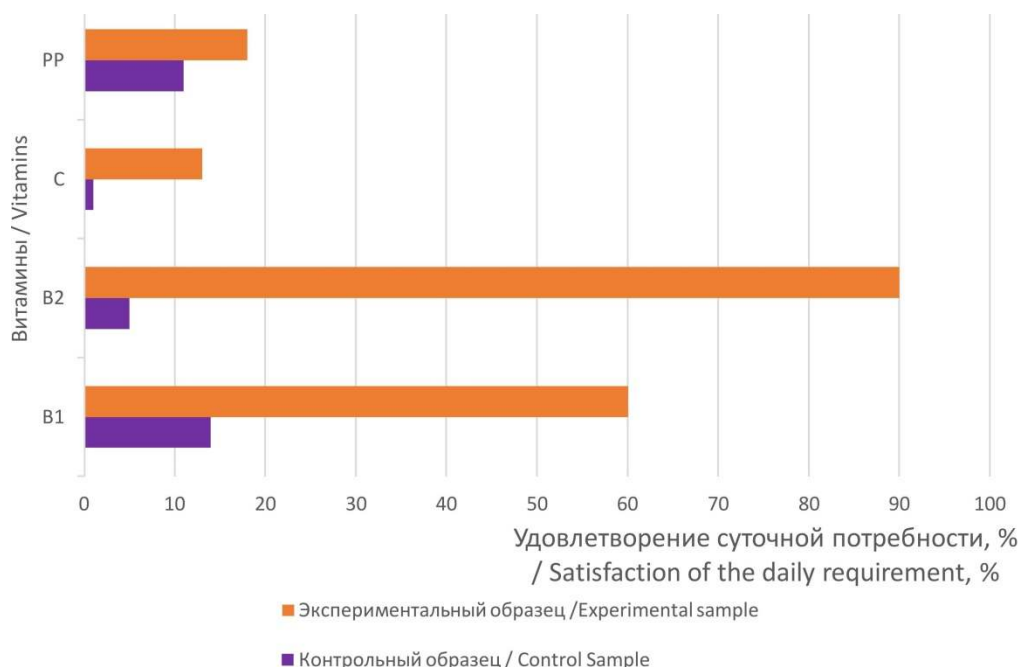


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика образцов колбасного хлеба по восполнению суточной потребности витаминов

Figure 2 – Comparative characteristics of sausage bread samples to meet the daily requirement of vitamins

Выводы. Таким образом, по результатам проведенных анализов, применение предварительно гидратированной чечевицы, витаминно-минеральной добавки оптимизированного состава и пищевых волокон (ацилированного хитина, полученного из панцирей ракообразных) в рецептуре благоприятно влияет на потребительские свойства колбасного хлеба, способствует повышению его пищевой и биологической ценности. Установлено, что за счет введения чечевицы в рецептуру колбасного хлеба массовая доля белка и общее содержание аминокислот увеличивается соответственно на 3,6 % и 4,4 %. Массовая доля жира составляет 2,31 % за счет использования диетического мяса птицы в комбинации с растительными компонентами.

Следовательно, данный вид изделия обеспечит предприятиям рост производства и повышение конкурентоспособного статуса на основе обновления ассортимента, повысит спрос на данный вид продукции среди населения, ведущего активный образ жизни (в частности, среди спортсменов), а также среди лиц, страдающих от белковой недостаточности, болезней, связанных с нехваткой витаминов и минералов, с нарушением работы желудочно-кишечного тракта и обмена веществ.

Библиографический список

1. Васильева А. Г., Бородихин А. С. Функциональные продукты питания на российском рынке // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 3.
2. Вихров Д. В., Агафонова С. В., Байдалинова Л. С. Использование витаминно-минерального комплекса «Биомакс» в технологии вареной колбасы // Вестник молодежной науки. 2016. № 4 (6).

3. Камская В. Е. Хитозан: структура, свойства и использование // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 6. С. 36-42.

4. Наумова Н. Л., Лукин А. А., Нагибина В. В. Потребительские свойства и минеральный состав мясного хлеба с добавлением нетрадиционного растительного сырья // Вестник АГАУ. 2016. № 10 (144).

5. Никитенко П., Хрустицкая Л. Хитозан - полимер будущего // Наука и инновации. 2013. № 127.

6. Палагина М. В. Функциональное питание и его перспективы как способ пищевой коррекции остеопороза // Вестник ТГЭУ. 2006. № 3.

7. Храмова В. Н., Абалакова И. А. Новый подход к стабилизации окраски колбасных варёно-копчёных изделий // Мясной ряд. 2012. № 2. С. 50-51.

8. Determination of iodotyrosines in food / A. V. Kulikovskii [et al.] // Anal Chem. 2016. V. 71. P. 1215-1219. <https://doi.org/10.1134/S1061934816100087>.

9. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / V. N. Khramova [et al.] // Sci. 2021. V. 677. Art. 032036.

10. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / A. I. Sukhareva [et al.] // Sci. 2021. V. 677. 032007.

11. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / I. F. Gorlov [et al.] // Sci. 2020. 548 082032.

12. Lovage (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch) roots: A source of bioactive compounds towards a circular economy / R. M. Sprea R M [et al.] // Resources. 2020. V. 9 (9). P. 81.

Conclusion. Thus, according to the results of the conducted analyses, the use of pre-hydrated lentils, vitamin and mineral supplements of optimized composition and dietary fibers (acylated chitin obtained from crustacean shells) in the formulation has a positive effect on the consumer properties of sausage bread, contributes to increasing its nutritional and biological values. It was found that due to the introduction of lentils in the recipe of sausage bread, the mass fraction of protein (g) and the total content of amino acids (mg%) increases by 3,6 and 4,4 respectively. The mass fraction of fat has a value of 2,31% due to the use of dietary poultry meat.

Therefore, this type of product will allow enterprises to increase production and increase their competitive status by updating the range, increase the demand for this type of product among the population leading an active lifestyle (in particular, among athletes), as well as among people suffering from protein deficiency, diseases associated with a lack of vitamins and minerals, with disorders of the gastrointestinal tract and metabolism.

References

1. Vasil'eva A. G., Borodihin A. S. Functional food products on the Russian market // Izvestiya VUZov. Food technology. 2007. № 3.

2. Vihrov D. V., Agafonova S. V., Bajdalinova L. S. The use of the vitamin-mineral complex "Biomax" in the technology of cooked sausage // Bulletin of youth science. 2016. № 4 (6).

3. Kamskaya V. E. Chitosan: structure, properties and use// Scientific Review. Biological Sciences. 2016. № 6. P. 36-42.

4. Naumova N. L., Lukin A. A., Nagibina V. V. Consumer properties and mineral composition of meat bread with the addition of non-traditional plant raw materials // Vestnik AGAU. 2016. № 10 (144).

5. Nikitenko P., Hrustickaya L. Chitosan - polymer of the future // Science and innovation. 2013. № 127.

6. Palagina M. V. Functional nutrition and its prospects as a way of nutritional correction of osteoporosis // Vestnik TGEU. 2006. № 3.

7. Hramova V. N., Abalakova I. A. New approach to stabilizing the color of cooked-smoked sausages // Meat row. 2012. № 2. P. 50-51.

8. Determination of iodotyrosines in food / A. V. Kulikovskii [et al.] // Anal Chem. 2016. V. 71. P. 1215-1219. <https://doi.org/10.1134/S1061934816100087>.

9. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / V. N. Khramova [et al.] // Sci. 2021. V. 677. Art. 032036.

10. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / A. I. Sukhareva [et al.] // Sci. 2021. V. 677. 032007.
11. IOP Conf. Ser.: Earth Environ / I. F. Gorlov [et al.] // Sci. 2020. 548 082032.
12. Lovage (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch) roots: A source of bioactive compounds towards a circular economy / R. M. Sprea R M [et al.] // Resources. 2020. V. 9 (9). P. 81.

Authors Information

Khramova Valentina, doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the faculty of food production technology, Volgograd State Technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation). E-mail: hramova_vn@mail.ru

Anna Pimenova, student of the faculty of food production technology, Volgograd state technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation).
E-mail: any.pimenova270499@yandex.ru

Khramova Yaroslavna Igorevna, graduate student of the Department of Industrial Ecology and Safety, Volgograd State technical University (28, Lenin avenue, Volgograd, 400005, Russia). E-mail: fftp@vstu.ru
Svetlana Bozhkova, candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (28, V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation). E-mail: bozhkova@mail.ru

Информация об авторах

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр-т. им. В. И. Ленина, 28). E-mail: hramova_vn@mail.ru

Пименова Анна Михайловна, студент факультета технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр-т. им. В. И. Ленина, 28). E-mail: any.pimenova270499@yandex.ru

Храмова Ярославна Игоревна, аспирант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр-т. им. В. И. Ленина, 28). E-mail: fftp@vstu.ru

Божкова Светлана Евгеньевна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр-т. им. В. И. Ленина, 28). E-mail: bozhkova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-31

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF FEED ADDITIVES IN THE FORMULATION OF COMPOUND FEEDS FOR POULTRY

V. V. Shkalenko, A. K. Karapetyan, A. A. Baksarova, Yu. G. Bukaeva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 13.04.2021

Submitted 10.06.2021

Summary

The article presents the results of using an organomineral supplement when it is introduced into compound feed for laying hens. At the research base of the Volgograd State Agrarian University, studies were carried out, during which it was found that the zootechnical and economic indicators in the poultry that participated in the experiment were normal. It should be noted that the best was the I-experimental group, which was injected with an organomineral supplement in the amount of 4%.

Abstract

Introduction. To provide the population with food with high-quality products in full, high-quality livestock and poultry products are necessary [9]. This is achieved due to the balanced diet for birds. Unfortunately, farms do not always have all the necessary minerals that are used to balance diets. In this regard, various mineral mixtures should be used in such farms. The aim of the research was to increase the egg production of poultry and the quality of eggs when using an organomineral supplement in the diet of experimental laying hens [5]. Organomineral additive is a mud of sulfide-silt composition. It is formed at the bottom of reservoirs, which contain a huge amount of mineral salts [4].

The chemical composition of the organic additives on the basis of sulfide silt mud has the following composition, % of dry matter: dissolved salt of 6.67 and 15.44%; gypsum (CaSO_4) 0,23-1,71%; calci-

um carbonate(CaSO_3) of 7.31-of 11.23%; magnesium carbonate (MgCO_3) of 1.86-12.61 per cent; iron sulfide (FeS), including H_2S 0,9-1,96%; degradation products of HCl , including SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 5,55-6,85%. The object of the study. The object of research was laying hens. **Materials and methods.** Thus, an experiment was carried out on a hybrid cross-breed «Hysex Brown» bird at the Research Center for the Safety and Effectiveness of Feed and Additives of the Volgograd State Agrarian University. At the age of forty weeks, the experimental bird was selected and divided into three groups, the first was a control, the second and the third were experimental. The duration of the experiment was 20 weeks. **Results and conclusions.** With the inclusion of different doses of organomineral additives, 4 and 5% in the composition of the mixed feed of laying hens, the egg productivity increased by 2.84% and 1.35%. It is worth noting that the number of eggs obtained from the birds of the experimental groups was greater and belonged to the selected and highest category. When introducing an organomineral supplement into the diets of laying hens, the economic effect ranged from 1075.44 rubles to 1696.92 rubles. In the course of our research, it was found that the organomineral supplement had a positive effect on both zootechnical and economic indicators. The optimality of the introduction of organomineral additives in the formula of compound feed for experimental poultry was 4 %.

Key words: *laying hens, organomineral additive, productivity, egg production, sulfide-silt mud.*

Citation. Skalenko V. V., Karapetyan A. K., Bakirova A. A., Bukaeva Yu. G. The effectiveness of the use of feed additives in the formulation of compound feeds for poultry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 298-305 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-31.

Author's contribution. In this experiment, all the authors participated in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article is approved by all the authors.

Conflict of interest. The authors did not declare a conflict of interest.

УДК 636.5.034.087.72

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В РЕЦЕПТУРЕ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

В. В. Шкаленко, доктор биологических наук, профессор
А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
А. А. Баксарова, аспирант, Ю. Г. Букаева, соискатель

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.04.2021

Дата принятия к печати 10.06.2021

Актуальность. Для обеспечения населения питанием качественной продукцией в полном объеме необходимы продукты животноводства и птицеводства высокого качества [7]. Достигается это за счет сбалансированности рациона для птиц. К сожалению, в хозяйствах не всегда имеются все необходимые минеральные вещества, которые применяют для балансировки рационов. В связи с этим в таких хозяйствах следует применять различные минеральные смеси. Цель исследования – увеличить яйценоскость сельскохозяйственной птицы и качество яиц при использовании органоминеральной добавки в рационе подопытных кур-несушек [2]. Органоминеральная добавка – это грязь сульфидно-илового состава, которая образуется на дне водоемов. В ее составе находится огромное количество минеральных солей [5]. Химический состав органоминеральной добавки на основе сульфидно-иловой грязи имеет следующие компоненты (процент на сухое вещество): растворенные соли – 6,67-15,44 %; гипс (CaSO_4) – 0,23-1,71 %; карбонат кальция (CaSO_3) – 7,31-11,23 %; карбонат магния (MgCO_3) – 1,86-12,61 %; сульфид железа (FeS), в т.ч. H_2S – 0,9-1,96 %; продукты разрушения HCl , в т.ч. SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 – 5,55-6,85 %. **Объект исследования.** Объектом исследований явились куры-несушки. **Материалы и методы.** На подопытной птице гибридного кросса «Hysex Brown» проводили опыт на территории ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в НИЦ безопасности и эффективности кормов и добавок. Птицу возраста 40 недель распределяли в три

подопытные группы (контрольная и две опытные). Опыт длился 140 дней. **Результаты и выводы.** При включении различных доз органоминеральной добавки, 4 и 5 %, в состав комбикорма кур-несушек, увеличилась яичная продуктивность на 2,84 % и 1,35 %. Стоит отметить, что количество яиц, полученных от птицы опытных групп, было больше и относилось к отборной и высшей категории. При введении в рационы кур-несушек органоминеральной добавки экономический эффект составил от 1075,44 рублей до 1696,92 рублей. В ходе проведенных нами исследований установлено: органоминеральная добавка оказала положительное влияние как на показатели зоотехнические, так и экономические. Оптимальность введения органоминеральной добавки в рецептуру комбикорма для подопытной птицы составила 4 %.

Ключевые слова: куры-несушки, органоминеральные добавки, продуктивность кур-несушек, рационы кур-несушек, масса яйца кур.

Цитирование. Шкаленко В. В., Карапетян А.К., Баксарова А. А., Букаева Ю. Г. Эффективность использования кормовой добавки в рецептуре комбикормов сельскохозяйственной птиц. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 298-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-31.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Птицеводство на сегодняшний день является одной из ведущих, интенсивно развивающихся специфических отраслей агропромышленного комплекса РФ [2]. Развитие отрасли птицеводства осуществляется путем использования высокопродуктивной гибридной птицы, а также прогрессивных ресурсосберегающих технологий и полноценного кормления.

Основным путем повышения продуктивности и резистентности птиц является включение в рацион нутриентов, в том числе минеральных веществ, являющихся неотъемлемой составляющей в метаболизме.

При несбалансированном или недостаточном минеральном питании птицы значительно снижается продуктивность и резистентность организма, возникают серьезные расстройства метаболизма [5]. Наиболее распространённая причина ухудшения продуктивности и защитных сил организма – недостаточно сбалансированное кормление птиц в условиях интенсификации производства.

Цель исследования – изучить влияние органоминеральной добавки на основе сульфидно-иловой грязи на показатели продуктивности кур-несушек.

Объект исследования. Объектом исследований явились куры-несушки. Перед постановкой опыта на птице нами была изучена сульфидно-иловая грязь.

Сульфидно-иловая грязь – природный комплекс, образованный много веков назад в минеральных слоях водоема путём естественного разложения водных растений и организмов. В ее состав входят вещества, богатые ценными свойствами, которые мы используем в виде органоминеральной добавки. Источником полезной грязи являются озера Астраханской области Ахтубинского района. Она состоит из иловых отложений соленых водоемов.

Органоминеральную добавку на основе иловой грязи можно использовать в промышленных масштабах для абсолютно всех животных и птицы при производстве комбикормов с целью повышения в рационах биологически активных веществ, что в свою очередь позволит увеличить зоотехнические и экономические показатели.

Органоминеральная добавка содержит ряд полезных и уникальных веществ, благодаря которым она обладает исключительными свойствами: адсорбционными, буферными и ионообменными и т.д. Также стоит отметить, что ее можно использовать для профилактики и лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных и птицы.

Материалы и методы. Опыт проводился на птице кросса Хайсекс Браун. Птицу подбирали в группы по принципу аналогов. При этом условия как кормления, так и содержания птицы были идентичными, в соответствии с указаниями ВНИТИП.

Нами были сформированы три аналогичные группы, в каждой из них – по 56 кур. Длительность опыта – 20 недель (таблица 1).

Таблица 1– Схема выполнения опыта

Table 1 – Scheme of the experiment

Группа / Group	Число кур-несушек в группе, голов / Number of laying hens in the group, heads	Специфика кормления подопытных кур / The specificity of the experimental feeding chickens
Контрольная / Control	56	ОР (основной рацион)/ The main diet
I опытная / I experienced	56	ОР (основной рацион) + 4,0 % органо-минеральная добавка/ Basic diet + 4,0% organic-mineral additive
II опытная / II experienced	56	ОР (основной рацион) + 5,0 % органо-минеральная добавка/ Basic diet + 5,0% organic-mineral additive

Птица контрольной группы потребляла основной рацион, разработанный в соответствии рекомендациям ФНЦ «ВНИТИП» РАН. Птице опытных групп дополнительно ввели органоминеральную добавку: в рацион I опытной группы – 4,0 %, II опытной группы – 5,0 % от массы основного рациона.

Результаты и обсуждение. В результате использования в рационе органо-минеральной добавки интенсивность яйценоскости опытных кур несколько превышала в сопоставлении с группой контрольной на 2,84 % – в I опытной и 1,35 % – во II опытной.

При введении в комбикорм подопытной птице органо-минеральной добавки удалось увеличить сохранность поголовья на 3,57 % и 1,79 %.

О влиянии изучаемой органо-минеральной добавки на яйценоскость подопытных кур нельзя судить только по валовому количеству снесенных яиц. Немаловажным показателем яичной продуктивности является такой показатель, как «Яичная масса» (таблица 2).

Таблица 2 – Яичная продуктивность подопытной птицы

Table 2 – Egg production of a test bird

Показатель / Indicator	контрольная группа / control group	I- опытная группа / I-pilot group	II- опытная группа / II-pilot group
Получено яиц, штук / The obtained eggs, pieces			
итого от подопытных кур яиц / total from test hens eggs	6896	7119	7002
на одну несушку / on the laying hen	123,14	127,13	125,04
Масса яйца (средняя), грамм / Average egg weight, gram	63,21	65,09	64,78
масса яичной массы, килограмм / Egg mass obtained, kilogram	435,90	463,38	453,59

Следует отметить, что максимально было получено яичной массы от кур за время проведения опыта в группе I опытной – 463,38 кг или на 6,3 процента выше по сравнению с контролем. Наше предположение о том, что органо-минеральная добавка оказывает позитивное влияние на яичную продуктивность, оказалось верным и оптимальным является включение в рацион подопытных кур-несушек дозы 4 %.



Рисунок 1 – Количество яиц, снесенных подопытными курами за период опыта, шт.

Figure 1 – The number of eggs laid by experimental chickens during the experiment period, pcs.

Установлено, что масса яиц (средняя) в группе кур I опытной прослеживалась выше 65 г и соответствовала отборной категории (СО), что непосредственно оказало влияние на их реализационную стоимость.

Важным зоотехническим показателем является «Затраты кормов на один килограмм яичной массы», который в группах кур контрольной – 2,09 кг, I опытной – 2,04 кг, II опытной – 2,11 кг. Показатель «Затраты кормов на десять яиц» у кур в контроле был на уровне 1,32 кг, в I опытной группе – 1,33 кг, во II опытной – 1,36 кг.

Таблица 3 – Потребность кормов

Table 3 – Feed requirements

Показатель / Indicator	контрольная группа / control group	I опытная группа / I pilot group	II опытная группа / II pilot group
Затраты корма, килограмм: всего / The cost of feed, kilogram: all	909,44	945,82	954,91
на один килограмм яичной массы / per 1 kilogram of egg mass	2,09	2,04	2,11
на десять яиц / for 10 eggs	1,32	1,33	1,36

Таблица 4 – Экономическая результативность ввода органоминеральной добавки в рацион кур-несушек

Table 4 – Economic efficiency of the introduction of organomineral supplements in the diet of laying hens

Показатель / Indicator	контрольная группа / control group	I опытная группа / I pilot group	II опытная группа / II pilot group
Количество голов, шт. / Number of heads, pcs	56	56	56
Валовое производство яиц, шт. / The total production of eggs, PCs.	6896	7119	7002
Расход комбикормов, кг / Feed consumption, kg	909,44	945,82	954,91
Стоимость израсходованных кормов, руб. / The cost of the food consumed, RUB	12732,16	12986,80	13050,46
Средняя реализационная стоимости 1000 шт. яиц. руб. / The average selling price of 1000 eggs. rub.	4230	4340	4320
Валовый доход, руб. / Gross income, RUB	29194,91	30891,83	30270,35
Экономический эффект за счет использования органоминеральной добавки, руб. / Economic effect due to the use of organomineral additives, RUB		1696,92	1075,44

По результатам проведённого научно-хозяйственного опыта было рассчитано количество использованных кормов, в т.ч. органоминеральной добавки, а также был рассчитан валовый доход. Необходимо подчеркнуть, что сохранность поголовья подопытной птицы увеличилась в группах опытных на 3,57 % и 1,79 % по сравнению с контролем.

За счет введения органоминеральной добавки в комбикорм подопытных кур групп опытных экономический эффект варьировал в пределах от 1075,44 рублей до 1696,92 рублей.

Выводы. Исходя из вышепредставленных данных по изучению воздействия органоминеральной добавки на зоотехнические и экономические показатели кур-несушек можно сделать следующие выводы:

- ввод 4 и 5 % органоминеральной добавки в комбикорм кур-несушек привел к повышению яйценоскости за период опыта на 2,84 % и 1,35 %;
- увеличилась масса яйца на 1,88 г и 1,57 г, что позволило увеличить дополнительную прибыль при их реализации; экономический эффект увеличился на 1075,44-1696,92 руб.;
- при использовании добавки в комбикормах для кур-несушек удалось увеличить сохранность поголовья на 3,57 % и 1,79 %.

Таким образом, использование органоминеральной добавки положительно сказалось как на зоотехнических показателях, так и на экономических. Наиболее оптимальный процент ввода органоминеральной добавки в рецептуру комбикормов для птицы составляет 4 %.

Библиографический список

1. Гамко Л. Н., Менякина А. Г., Карпучин В. А. Фармакологические аспекты применение подкислителей воды при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (80). С. 24-30.
2. Данилова Н. В., Лаврентьев А. Ю. Ферменты для повышения продуктивного действия комбикормов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 68. С. 145-149.
3. Использование в рационах кур-несушек кормовой добавки «Нутовит» / О. Д. Будтуева, М. В. Струк, И. Г. Плешакова, Д. В. Плешаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 237-243.
4. Использование различных источников калия при выращивании цыплят-бройлеров / Е. Н. Андрианова, И. А. Егоров, Е. Н. Григорьева, М. Ю. Братчиков, П. А. Кебец // Птица и птицепродукты. 2020. № 1. С. 22-25.
5. Николаев С. И., Струк А. Н., Найдова А. Г. Биологически активная добавка «Эльтон» в кормлении кур-несушек Хайсекс коричневый // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3. (47). С. 136-141.
6. Cerrate S., Corzo A. Lysine and Energy Trends in Feeding Modern Commercial Broilers // International Journal of Poultry Science. 2019. V. 18. N. 1. P. 28-38.
7. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / X. C. Wang, H. J. Zhang, H. Wang, H. Y. Yue, J. Wang, S. G. Wu, G. H. Qi // Poult Sci. 2017. V. 96, I. 5. P. 1316-1324.
8. Faure M., Chone F., Metraux C. Treonine utilization for synthesis of acute phase proteins, intestinal proteins, and mucins is increased during sepsis in rats // XI International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. 2017. V. 137. P. 1808-1807.
9. Lei X. J., Lee K. Y., Kim I. H. Performance, egg quality, nutrient digestibility, and excreta microbiota shedding in laying hens fed corn-soybean-meal-wheat-based diets supplemented with xylanase // Poult Sci. 2018. V. 97. I. 6. P. 2071-2077.
10. Merkley L. W. The effect of sodium fluoride on egg production, egg quality and bone strength of caged layers // Poultry Science. 2018. Vol. 4. P. 771-776.

11. The effects of diets supplemented with phytase on the productive performance, biochemical and morphological blood indices in broilers and layers of broiler preparatal lines / I. A. Egorov, V. G. Vertiprakhov, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova, A. A. Grozina // Bioscience Research. 2020. V. 17. № 4. P. 2465-2471.

Conclusions. Based on the above data on the study of the impact of organomineral additives on the zootechnical and economic indicators of laying hens, the following conclusions can be drawn:

- enter 4 and 5 % of organic additives in the feed of laying hens resulted in higher egg production during the period of the experience of 2.84% and 1.35%.
- increased egg weight by 1.88 g and 1.57 g, which allowed for additional profit when selling them. The economic effect increased by 1075.44-1696.92 rubles.
- when using the additive in compound feeds for laying hens, it was possible to increase the safety of livestock by 3.57% and 1.79 %.

Thus, the use of organomineral additives had a positive effect on both zootechnical indicators and economic ones. The most optimal percentage of the introduction of organomineral additives in the formula of mixed feed for poultry is 4%.

Reference

1. Gamco L. N., Manakin A. G., Karpukhin V. A. Pharmacological aspects of the application of acidifying agents to the water in growing broiler chickens // Bulletin of the Bryansk state agricultural Academy. 2020. № 4 (80). P. 24-30.
2. Danilova N. V., Lavrentiev A. Yu. Ferments for increasing the productive effect of compound feeds // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 68. P. 145-149.
3. Use in the diets of laying hens feed additives "Notovich" / O. D. Batueva, M. V. Struk, I. G. Pleshakov, D. V. Pleshakov // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2018. № 1 (49). P. 237-243.
4. The Use of different sources of potassium in growing broiler chickens / E. N. Andrianov, I. A. Egorov, E. N. Grigoriev, M. Y. Bratchikov, P. A. Quebec // Poultry and poultry products. 2020. No. 1. P. 22-25.
5. Nikolaev S. I., Struk A. N., Naidova A. G. Biologically active additive "Elton" in the feeding of laying hens Haysex brown // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education. 2017. No. 3 (47). P. 136-141.
6. Cerrate S., Corzo A. Lysine and Energy Trends in Feeding Modern Commercial Broilers // International Journal of Poultry Science. 2019. V. 18. N. 1. P. 28-38.
7. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / X. C. Wang, H. J. Zhang, H. Wang, H. Y. Yue, J. Wang, S. G. Wu, G. H. Qi // Poult Sci. 2017. V. 96, I. 5. P. 1316-1324.
8. Faure M., Chone F., Metraux C. Treonine utilization for synthesis of acute phase proteins, intestinal proteins, and mucins is increased during sepsis in rats // XI International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. 2017. V. 137. P. 1808-1807.
9. Lei X. J., Lee K. Y., Kim I. H. Performance, egg quality, nutrient digestibility, and excreta microbiota shedding in laying hens fed corn-soybean-meal-wheat-based diets supplemented with xylanase // Poult Sci. 2018. V. 97. I. 6. P. 2071-2077.
10. Merkley L. W. The effect of sodium fluoride on egg production, egg quality and bone strength of caged layers // Poultry Science. 2018. Vol. 4. P. 771-776.
11. The effects of diets supplemented with phytase on the productive performance, biochemical and morphological blood indices in broilers and layers of broiler preparatal lines / I. A. Egorov, V. G. Vertiprakhov, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova, A. A. Grozina // Bioscience Research. 2020. V. 17. № 4. P. 2465-2471.

Author information

Vera Vladimirovna Shkalenko, Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals", Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Biological Sciences. ORCID: 0000-0002-1627-4597 vera.shkalenko@mail.ru

Angela Keropovna Karapetyan, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Candidate of Agricultural Sciences,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Anastasia Anatolyevna Baksarova, Lecturer of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9235-5084> aa.alseitova@gmail.com

Yulia Grigorevna Bukaeva, Senior Lecturer of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, pr. 26 Universitetskiy street)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-3675> shabasheva.yuliya@mail.ru

Информация об авторах

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор биологических наук

ORCID: [0000-0002-1627-4597](https://orcid.org/0000-0002-1627-4597) vera.shkalenko@mail.ru

Карапетян Анжела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Баксарова Анастасия Анатольевна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9235-5084> aa.alseitova@gmail.com

Букаева Юлия Григорьевна, старший преподаватель кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-3675> shabasheva.yuliya@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-32

AGROTECHNICAL CULTIVATION OPERATION IN COMBINATION WITH SLITCHING

N.N. Dubenok, A.V. Mayer

«Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»*

Received 24.12.2020.

Submitted 20.05.2021

Summary

A working part has been developed for the agrotechnical operation of cultivating row spacings, in combination with slitting, for making super narrow slits with focal reservoirs, to save water and energy resources.

Abstract

Introduction. If the presence of any of the factors necessary for the development of plants and the maintenance of high soil fertility is not ensured due to natural conditions, it must be provided by a person by a corresponding change in these conditions, which is achieved either by replenishing the missing growth factors, or by eliminating the causes that cause them lack of «A.N. Kostyakov». **Object.** Studying the agrotechnical methods that are in demand in the cultivation of agricultural crops associated with irrigation, often before and after irrigation, operations are carried out to intercept irrigation water in order to retain soil moisture. One of such water-intercepting methods is the agrotechnical method «slitting». Another agrotechnical technique for making small furrows or hilling crops is the «cultivation» operation. These two agrotechnical methods were the objects of our further research. **Materials and methods.** This development presents the working part of the slot cutter, combined with the cultivator knife, for using the method of cutting over narrow slots with focal reservoirs, with simultaneous cutting of small furrows, with a soil roller height of up to 25 cm, for directing and intercepting water flows of irrigation water. **Results and conclusions.** The developed working part of the slot cutter + a knife for cultivating row spacings and cutting grass is mounted on the frame of the slot cutter SCHN-2-140. The distance between the working parts of the slot cutter is chosen according to the planting scheme of cultivated crops. The proposed agro-technology for irrigation of agricultural crops with the obligatory cutting of extra narrow slots with focal reservoirs with simultaneous cultivation will allow saving water and energy resources spent on irrigation and, ultimately, on the irrigation rate.

Key words: *working part, crevice, cultivation, agrotechnical method, modified crevice, focal reservoirs, combined operations, conservation of energy resources.*

Citation. Dubenok N.N., Mayer A.V. Agrotechnical cultivation operation in combination with slitching. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 306-313 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-32.

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 631.674

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ КУЛЬТИВАЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ЩЕЛЕВАНИЕМ

Н. Н. Дубенок¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор,

А. В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 24.12.2020

Дата принятия к печати 20.05.2021

Актуальность. «Если наличие какого-либо из факторов, необходимых для развития растений и поддержания высокого плодородия почвы, не обеспечивается в силу естественных природных условий, оно должно быть обеспечено человеком путем соответствующего изменения этих условий, что достигается или восполнением недостающих факторов роста, или устранением причин, вызывающих их недостаток» А. Н. Костяков. **Объект исследования.** Изучены агротехнические приемы культивации и щелевания, которые востребованы при возделывании сельскохозяйственных культур, связанных с орошением. Зачастую перед поливом и после полива их проводят для рыхления междурядий, удаления сорной растительности и для перехвата оросительной воды в целях удержания почвенной влаги. Одним из таких водоперехватывающих приемов является агротехнический прием «щелевание». Другим агротехническим приемом для поделки мелких борозд или окучивания сельхозкультур является операция «культивация». Эти два агротехнических приема и явились объектами наших дальнейших исследований. **Материалы и методы.** В данной разработке представлен рабочий орган щелереза, совмещенный с ножом культиватора, для использования метода нарезки сверхузок щелей с очаговыми резервуарами, с одновременной нарезкой мелких борозд, с высотой почвенного валика до 25 см, для направления и перехвата водных потоков поливной воды. **Результаты и обсуждение.** Разработанный рабочий орган щелереза + нож для культивации междурядий и подрезки травы монтируется на раму щелереза ЩН-2-140. Расстояние между рабочими органами щелереза выбирается согласно схеме посадки возделываемых культур. Предложенная агротехнология орошения сельскохозяйственных культур с обязательной нарезкой сверхузок щелей с очаговыми резервуарами с одновременным проведением культивации позволит экономить водные и энергетические ресурсы, затрачиваемые на поливную и в конечном итоге на оросительную норму.

Ключевые слова: рабочий орган щелереза, модифицированный щелерезы, очаговые резервуары, водные энергетические ресурсы.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Агротехническая операция культивации в сочетании с щелеванием. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 306-313. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали 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. История человечества доказывает, что в условиях засушливого климата мелиорация земель всегда оказывалась необходимой для развития и стабилизации сельского хозяйства. Мелиорация является составной частью землепользования в целом, и земледелия в частности [1, 2, 11]. Ее эффект в полной мере проявляется только на фоне высокой культуры земледелия, так как при низком уровне агротехники эффективность построенной мелиоративной системы может оказаться незначительной, что не

оправдывает затраты на ее строительство. Поэтому, чем выше уровень культуры земледелия в хозяйстве, тем более эффективны проводимые мелиоративные мероприятия [5, 6, 8]. Для обеспечения максимального задержания от поточного смыва и перехвата поливной воды необходимы специальные приемы обработки почвы.

Рациональное использование водных ресурсов в условиях нарастания дефицита пресной воды становится острой проблемой. В этой связи использование талых и ливневых вод позволило бы оросить более одного миллиона гектаров неорошаемых земель. Однако эти воды смывают верхний плодородный слой почвы, который выносятся в речную сеть, заиляет ее, что приводит к снижению судоходства, разливу рек и затрате огромных средств на их очистку [3, 4, 14].

Для повышения и восстановления естественного плодородия и эффективного регулирования водно-воздушного режима почв культуротехнические мероприятия на мелиорируемых землях должны дополняться агро-мелиоративными мероприятиями, способствующими ускоренному сбросу поверхностного стока воды, аэрации корнеобитаемого слоя, оструктуриванию почвенного горизонта и интенсификации почвообразовательного процесса [7, 9, 12]. Агро-мелиоративный комплекс – это широкий спектр мероприятий, направленный на улучшение не только почвенного слоя, но и подпочвенного горизонта. Агротехнические мероприятия должны, с одной стороны, способствовать быстрому отводу поверхностных вод с поверхности почвы и накоплению влаги в подпахотном горизонте для использования ее возделываемыми культурами до следующего вегетативного полива [8, 10].

На склонах крутизной 3...5° применяется обработка почвы с созданием водозадерживающего микрорельефа путем щелевания, кротования, отвальной, безотвальной вспашек, культивации и других мелиоративных мероприятий [4, 14]. Щелевание – это специальный прием обработки почвы, который проводится для регулирования поверхностного стока воды на склоновых землях. Способ щелевания особенно эффективен на тяжелых почвах с недостаточной водопроницаемостью. Его проводят в период зяблевой обработки почвы путем нарезания водоперехватывающих щелей. При заборе воды для орошения из скважины, где ее температура значительно ниже температуры почвы и окружающего воздуха, операция щелевания способствует после полива аккумуляции воды, тем самым снижая температуру почвы. Особенно применение такой технологии эффективно в засушливые и жаркие годы [10, 15].

Материалы и методы. Разработка рабочего органа щелереза с монтажом в его верхней части ножа культиватора обусловлена проведением операции щелевание + культивация за один проход трактора. При расчетах определения водного баланса нами использовался метод непосредственных полевых измерений, метод водного баланса, который включает методы, основанные на уравнении водного баланса поля и методы испарителей и лизиметров. Агротехника возделывания многолетних культур разрабатывалась на основе опыта ученых ВНИИГиМ и зональных рекомендаций. В агротехнику обработки почвы был введен агротехнический прием щелевания + культивация, смонтированным в рабочий орган щелереза – съёмного ножа культиватора.

Результаты и обсуждение. В зависимости от способа отвода избыточной воды и степени воздействия на водный режим почвы агро-мелиоративные мероприятия делятся на три группы:

- первая группа – это приемы, обеспечивающие быстрый отвод воды по поверхности почвы и частично по пахотному слою. К ним относятся узкозагонная вспашка, выборочное бороздование, планировка. Такие приемы ускоряют просыхание пахотного слоя весной и сокращают периоды переувлажнения в период обильных дождей, предохраняя возделываемые культуры от вымокания;

- вторая группа – приемы, ускоряющие внутрипочвенный сток избыточной воды. Это гребневая и грядовая вспашка, создающие рифлёную поверхность поля. Такая обработка усиливает сток по пахотному слою и одновременно способствует накоплению в нем дополнительных запасов продуктивной влаги;

- третья группа – приемы, способствующие отводу избыточной воды по подпахотному слою. Сюда относят кротование, рыхление подпахотного слоя и глубокую вспашку. Эти мероприятия эффективны при наличии закрытого дренажа [8, 13].

При проведении вегетативных поливов без тщательной планировки орошаемого участка на поверхности почвы появляются очаги невпитавшейся воды, которые возникают в зависимости от интенсивности расхода и подачи воды на протяжении всего полива. При орошении дождеванием заданной интенсивностью дождя (i) вся поступающая на поле вода впитывается в течение времени (t). Рассуждая о водопроницаемости, можно показать, что при поливе с одинаковой интенсивностью часть расхода Q_1 воды будет впитана почвой, а объем V_1 может стать причиной ирригационного стока [5, 6].

В целях рационального использования поливной воды и недопущения смывания почвы нами предложен агротехнический прием щелевания, с поделкой сверхузких щелей 2...3 см, глубина щели до 50 см, с очаговыми резервуарами, нарезанными долотом в нижней части щели. Щелерез с разработанным и запатентованным учеными ВНИИ-ГИМ рабочим органом показан на рисунке 1.

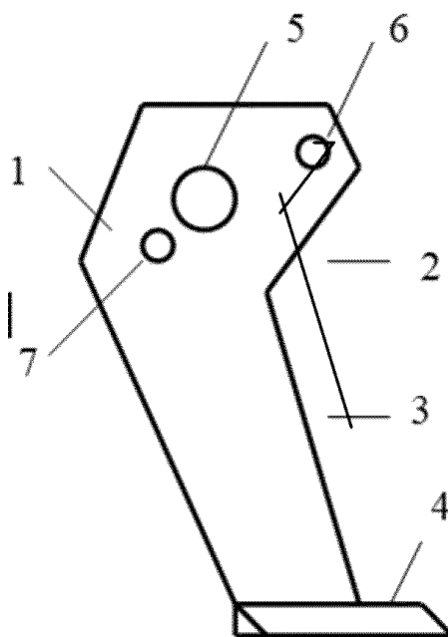


Рисунок 1 – Рабочий орган щелереза ШН-2-140: 1 – рабочий орган, 2 – короткое лезвие, 3 – длинное лезвие, 4 – долото, 5 – место крепления, 6, 7 – место фиксации

Figure 1 – Working body of the slot-cutter ШН-2-140: 1 – working body, 2 – short blade, 3 – long blade, 4 – chisel, 5 – attachment point, 6, 7 – the place of fixation

Операция культивации осуществлялась проходом прицепного культиватора КРН – 2,8 стяговым устройством, в нашем случае трактор МТЗ – 82. Затем второй проход – щелевание агрегатом ШН-2-140. Как видно из рисунка 2, при совмещенной операции культивация + щелевание потребовалось два прохода, сначала первый проход – культивация поливного участка, затем второй проход – щелевание.

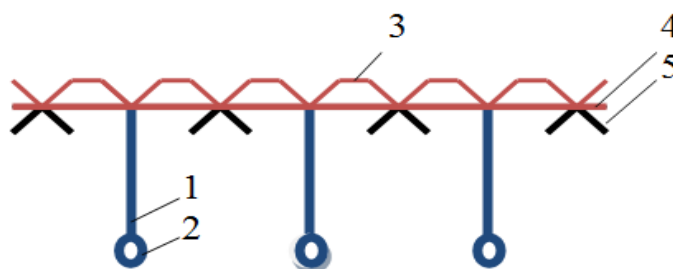


Рисунок 2 – Операция культивация, затем щелевание:

1 – водоперехватывающая щель, 2- очаговый резервуар, 3 – окученное междурядье,
 4 – поверхность почвы, 5 – ножи культиватора

Figure 2 – Operation cultivation followed by slitting:

1 –water-catching gap, 2 – focal reservoir, 3 – spud aisle, 4 – soil surface, 5 – cultivator knives

Поэтому мы решили совместить операцию культивации с операцией щелевания за один проход. Для совмещения операции культивация + щелевание нами был разработан объединённый рабочий орган, т.е., рабочий орган щелереза с монтажом в его рабочую основу ножа культиватора (рисунок 3).

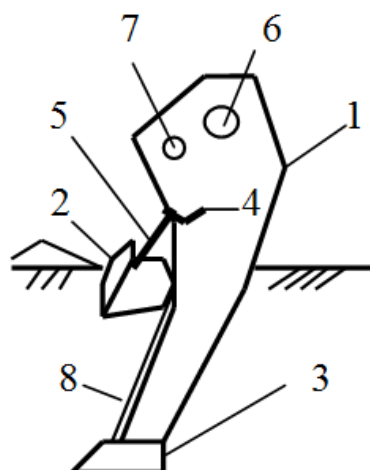


Рисунок 3 – Экспериментальный рабочий орган для комбинированной операции культивация + щелевание:

1 – рабочий орган щелереза, 2 – нож культиватора, 3 – долото, 4 – крепление культивирующего органа; 5 – подпружиненная стойка, 6 – гнездо крепления, 7 – место фиксации, 8 – лезвие

Figure 3 – Experimental working body for the combined operation of cultivation + slotting:

1 – working body of the slot cutter, 2 – cultivator knife; 3 – chisel, 4 – attachment of the cultivating organ, 5 – spring-loaded rack, 6 – mounting socket, 7 – place of fixation, 8 – blade

Как видно из рисунка 4, операция культивации с одновременным щелеванием достигается за один проход тягового устройства.

Вмонтированные в рабочие органы щелереза ЩН-2-140 ножи культиватора нарезают борозды междурядий 3, а заодно выполняют подрезку сорной растительности в междурядьях, и в это же время рабочими органами щелереза производится операция по нарезке сверхузких щелей 4 с очаговыми резервуарами 5. Очаговые резервуары

нарезаются предусмотренным для этих целей долотом 3 (рисунок 3). Представленная в статье разработка комбинированной обработки почвы и нарезки сверхузких щелей сократит время и амортизационные расходы во время эксплуатации сельскохозяйственного парка, задействованного на такие операции.

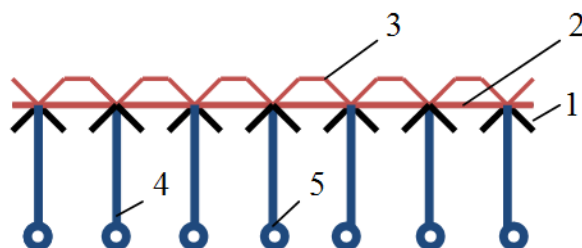


Рисунок 4 – Одновременная операция щелевание + культивация:

1 – ножи культиватора, 2 – поверхность почвы, 3 – прокультивированные междурядья, 4 – водоперехватывающие щели, 5 – очаговые резервуары

Figure 4 – Simultaneous slitting + cultivation operation:

1 – cultivator knives, 2 – soil surface, 3 – cultivated aisles, 4 – water-intercepting slits, 5 – focal reservoirs

Выводы. Авторами предложена совместная агротехническая операция культивации сельскохозяйственных культур с проведением одновременной операции щелевания почвы для подделки водоперехватывающих сверхузких щелей с очаговыми резервуарами. Представлен разработанный комбинированный экспериментальный рабочий орган культиватора с щелерезом.

Агротехнический прием нарезки сверхузких щелей с очаговыми резервуарами будет нести функцию накопления и аккумуляирования почвенной влаги на орошаемом массиве. Совместная агротехническая операция культивации в сочетании с щелеванием, несомненно, поспособствует сохранению поливной влаги после вегетативного полива возделываемого участка, что в конечном результате положительно скажется на сбережении водных и энергетических ресурсов. Введение в современные технологии орошения новых агротехнических приемов при возделывании агрофитоценозов и многолетних культур положительно отразится на экономике сельского хозяйства в целом.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 39-49.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. 159 с.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 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. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 43-51.

7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. В. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелко-дисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78.
10. Шуравилин А. В. Режим капельного орошения плодового сада на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. № 1 (73). С. 075-078.
11. Borodychev V. V., Lytov M. N. Irrigation management model based on soil moisture distribution profile // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 577. № 012022.
12. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
14. 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.
15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.
16. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drop irrigation with electrochemically activated water in light-chestnut soils of the lower volga region / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. Sofia, 2015. P. 1055-1062.

Conclusion. The authors proposed a joint agrotechnical operation for the cultivation of agricultural crops, with a simultaneous slitting operation, for making water-intercepting cracks with focal reservoirs. The developed combined experimental working body of a cultivator with a slot cutter is presented.

The agrotechnical method of cutting over narrow slots with focal reservoirs will have the function of accumulating and accumulating soil moisture in the irrigated area. A joint agrotechnical cultivation operation in combination with slitting will undoubtedly contribute to the preservation of irrigated moisture after irrigation of the cultivated area, which ultimately will have a positive effect on the conservation of water and energy resources. The introduction of new agricultural techniques into modern irrigation technologies for the cultivation of agrophytocenoses and perennial crops will have a positive effect on the agricultural economy as a whole.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Problemy optimal'nogo vodoobespecheniya soi v usloviyah orosheniya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2 (54). P. 39-49.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehniko-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza v usloviyah orosheniya // Nauchnaya zhizn'. 2019. T. 14. № 10 (98). P. 1484-1495.
3. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Tehnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. 159 p.
4. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 3. P. 90-96.
5. Dubenok N. N., Majer A. V. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 9-19.

6. Dubenok N. N., Majer A. V. Kombinirovannaya gidromeliorativnaya sistema dlya orosheniya sadovykh nasazhdenij // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 43-51.
7. Kirejcheva L. V., Karpenko N. V. Ocenka jeffektivnosti orositel'nykh melioracij v zonal'nom ryadu pochv // Pochvovedenie. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Majer A. V. Issledovanie sistemy kapel'nogo orosheniya i melkodiespersnogo dozhdevaniya // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 3. P. 5-9.
9. Solov'ev D. A., Zhuravleva L. A. Robotizirovannyj orositel'nyj kompleks "Kaskad" // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 1. P. 74-78.
10. Shuravilin A. V. Rezhim kapel'nogo orosheniya plodovogo sada na svetlo-kashtanovykh pochvakh Nizhnego Povolzh'ya // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. 2011. № 1 (73). P. 075-078.
11. Borodychev V. V., Lytov M. N. Irrigation management model based on soil moisture distribution profile // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 577. № 012022.
12. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
14. 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.
15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.
16. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drop irrigation with electrochemically activated water in light-chestnut soils of the lower volga region / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. Sofia, 2015. P. 1055-1062.

Authors Information

Nikolai Dubenok, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Land Reclamation of the Russian State Agricultural University - Moscow Agricultural Academy. K.A. Timiryazeva (RF127550 Moscow st. Timiryazevskaya 49, Doctor of Agricultural Sciences, ORKID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, phone: 89857544488, Email: dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich - Senior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after V.I. A.N. Kostyukova, (Russian Federation 127750 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St. 44, building 2), Candidate of Agricultural Sciences, ORKID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, phone 89053378678, Email: vkovniigim@yandex.ru

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ127550 Москва ул. Тимирязевская 49, доктор сельскохозяйственных наук, ORKID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023> т. 89857544488 э/п. dubenok@mail.ru.

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORKID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916> т.89053378678 э/п vkovniigim@yandex.ru

ALGORITHM FOR CREATING TECHNICAL SYSTEMS FOR REGULATING THE HYDROTHERMAL REGIME OF AGROPHYTOCENOSIS USING THE METHOD OF MORPHOLOGICAL COMBINATOR

V. V. Borodychev, M. N. Lytov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»*

Summary

An algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis based on the method of morphological combinatorics has been developed. The algorithm is constructed in such a way that a technical solution with a higher priority always replaces a technical solution with a lower priority, which allows finding the best design for all possible options for the implementation of design features for a set of functional elements of the system.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by the practical potential of new irrigation and drainage technologies that provide the ability to comprehensively regulate the hydrothermal regime of agrophytocenosis and protect crops from climatic risks. These are quite serious advantages, almost defining a new stage in the implementation of irrigation and drainage technologies in open ground conditions. Today, there is an increasing need for a systematic approach to the implementation of the creative process to create new, highly efficient structures, new technical solutions that expand the functionality of irrigation and drainage systems in terms of regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis. The purpose of this study is to develop an algorithm for creating new designs of irrigation and drainage systems to regulate the hydrothermal regime of agrophytocenosis using the method of morphological combinatorics. **Object.** The object of research is the design of irrigation and drainage systems with extended functionality for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis. **Materials and methods.** The working hypothesis of the study is the assumption about the possibility of automating the process of creating highly efficient designs of irrigation and drainage systems based on the method of morphological combinatorics. The method is sufficiently formalized, which makes it possible, on its basis, to develop computer algorithms for solving specific technical problems. The method of morphological combinatorics involves the selection of sets of constructive or any other features of a technical system, and for each of the features, alternative options are selected. To solve the problem in an automatic mode, it is important that it is possible to organize an enumeration of the options for the execution of these signs. That is, it is necessary that the options for the implementation of a constructive feature be characterized by some quantitative step, or that these options be organized into lists that would be available for enumeration. **Results and conclusions.** The basis for the creation of irrigation and drainage systems that provide comprehensive regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis is based on the principle of combining various methods of irrigation. Such systems are complex in design and impose special requirements on the operation of all functional elements; they have fundamentally new functional blocks in comparison with the known designs of irrigation and drainage systems. As in any complex technical system, the created technical solutions have many alternative implementations, and changes in even the most imperceptible structural module of a functional element can significantly affect the operation of the entire system as a whole. The use of the method of morphological combinatorics allows, to a certain extent, to automate the process of engineering creativity, organizing the search and comparison of all combinations with various realizations of the design features of the functional elements of the technical system. Research, based on the method of morphological combinatorics, has developed an algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis. The algorithm includes a system for identifying options for the implementation of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis, functional modules for enumerating combinations of possible design implementations, assessing the consistency of design solutions in various combinations of pos-

sible implementations, a module for optimizing design parameters when introducing changes for the evaluated implementation option, a module for assessing compliance with the requirements to such technical systems, modules for evaluating the priority criterion of a technical solution, as well as comparing a new and previous technical solution according to this criterion. The algorithm is constructed in such a way that a technical solution with a higher priority always replaces a technical solution with a lower priority. This allows you to find the best technical solution for all possible options for the implementation of design features for a set of functional elements of the system. The algorithm allows automating the process of finding the best design solutions when creating irrigation and drainage systems for the integrated regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis.

Key words: *agrophytocenosis, hydrothermal regime, irrigation and drainage system, creation of structures, morphological combinatorics, algorithm.*

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N. Algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis using the method of morphological combinator. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 314-330 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-33.

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 631.67:581.55

АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АГРОФИТОЦЕНОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КОМБИНАТОРИКИ

В. В. Бородычев, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (Волгоградский филиал)

Дата поступления в редакцию 15.03.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. Актуальность исследований определяется практическим потенциалом новых гидромелиоративных технологий, обеспечивающих возможность комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и защиты посевов от климатических рисков. Это достаточно серьёзные преимущества, без малого определяющие новый этап реализации гидромелиоративных технологий в условиях открытого грунта. Сегодня все большее ощущается потребность в системном подходе к реализации творческого процесса по созданию новых, высокоэффективных конструкций, новых технических решений, расширяющих функционал гидромелиоративных системы в плане регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Целью настоящего исследования является разработка алгоритма создания новых конструкций гидромелиоративных систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики. **Объект.** Объектом исследований являются конструкции гидромелиоративных системы с расширенным функционалом по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза. **Материалы и методы.** Рабочей гипотезой исследования является предположение о возможности автоматизации процесса создания высокоэффективных конструкций гидромелиоративных систем на основе метода морфологической комбинаторики. Метод в достаточной мере формализуем, что позволяет на его основе разрабатывать компьютерные алгоритмы для решения конкретных технических задач. Метод морфологической комбинаторики предполагает выделение совокупностей конструктивных или каких-либо других признаков технической системы, причем для каждого из признаков подбираются альтернативные варианты. Для решения задачи в автоматическом режиме важно, чтобы можно было организовать перебор вариантов исполнения этих признаков.

То есть необходимо, чтобы варианты реализации конструктивного признака характеризовались каким-либо количественным шагом, либо чтобы эти варианты были организованы в списки, которые были бы доступны перебору. **Результаты и выводы.** В основу создания гидромелиоративных систем, обеспечивающих комплексное регулирование гидротермического режима агрофитоценоза, положен принцип комбинирования различных способов орошения. Такие системы сложны в конструктивном исполнении и предъявляют особые требования к работе всех функциональных элементов, имеют принципиально новые функциональные блоки в сравнении с известными конструкциями гидромелиоративных систем. Как и в любой сложной технической системе, создаваемые технические решения имеют множество альтернативных вариантов реализаций, причем изменения даже в самом незаметном конструктивном модуле функционального элемента могут существенно отражаться на работе всей системы в целом. Использование метода морфологической комбинаторики позволяет в определенной мере автоматизировать процесс инженерного творчества, организуя перебор и сравнение всех комбинаций с различными реализациями конструктивных признаков функциональных элементов технической системы. Исследованиями на основе метода морфологической комбинаторики разработан алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Алгоритм включает систему идентификации вариантов реализации технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза, функциональные модули перебора комбинаций возможных конструктивных реализаций, оценки согласованности конструктивных решений в различных комбинациях возможных реализаций, модуля оптимизации конструктивных параметров при введении изменений по оцениваемому варианту реализации, модуля оценки соответствия требованиям, предъявляемым к таким техническим системам, модулей оценки критерия приоритета технического решения, а также сравнения нового и предыдущего технического решения по этому критерию. Алгоритм построен так, что техническое решение, отличающееся большим приоритетом, всегда замещает техническое решение с меньшим приоритетом. Это позволяет найти наилучшее техническое решение при всех возможных вариантах реализации конструктивных признаков для совокупности функциональных элементов системы. Алгоритм позволяет автоматизировать процесс поиска наилучших конструктивных решений при создании гидромелиоративных систем для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза.

Ключевые слова: агрофитоценозы, гидротермический режим агрофитоценозов, морфологическая комбинаторика, гидротехнические мелиорации.

Цитирование. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 314-330. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-33.

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. Гидротехнические мелиорации по определению направлены на улучшение неблагоприятного водного режима почвы, оказывают непосредственное влияние на геологические круговороты воды в природе. В климатической зоне избыточного увлажнения осуществляются мероприятия по отведению влаги из переувлажненной почвы, а в засушливых климатических зонах дефицит природного увлажнения компенсируется оросительными мелиорациями. Однако уже давно ясно, что изменение условий увлажнения оказывает влияние не только на формирование водного режима мелиорированных земель, но и на целый комплекс сопутствующих факторов. Одним из таких факторов является температурный режим мелиорируемых земель и формируемых на этих землях агрофитоценозов [6, 7, 11, 12, 13]. Формирование водного режима земель как процесс, динамический и включающий фазовые переходы воды, непосред-

ственно связано с изменением баланса тепла на мелиорируемых территориях. Этот ресурс уже неоднократно предлагалось использовать, были построены модели водо- и теплообмена в системе почва – растение – атмосфера, разработаны первые способы регулирования микроклимата, базирующиеся на гидромелиоративных технологиях [4, 10]. При практическом освоении приемов гидромелиоративного регулирования микроклимата в посевах стала понятна необходимость учета перекрёстного регулирования факторов жизни, когда одно мелиоративное действие имеет сразу несколько точек приложения. Сегодня видится целесообразным не просто учет проблемы перекрестного регулирования факторов жизни при осуществлении мелиоративных мероприятий, но управление этим процессом комплексно на базе единой технической системы. Такой подход может быть реализован на основе гидромелиоративных систем с возможностью одновременного или поочередного проведения поливов различными способами [5, 9]. Концепт технической гидромелиоративной системы с возможностью проведения поливов различными способами предполагает возможность регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексную протекцию посевов от климатических рисков [2]. Это достаточно серьёзные преимущества, без малого определяющие новый этап реализации гидромелиоративных технологий в условиях открытого грунта. В то же время остаются нерешенными важные вопросы, проблемные как с точки зрения практического освоения новых гидромелиоративных технологий, так и в собственно теории таких систем. Необходим системный подход в реализации творческого процесса по созданию новых, высокоэффективных конструкций, новых технических решений, обеспечивающих возможность комплексного использования гидромелиоративных технологий для регулирования гидротермического режима агрофитоценозов и защиты посевов от климатических рисков. Целью настоящего исследования является разработка алгоритма создания новых, высокоэффективных конструкций гидромелиоративных систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики.

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследования является предположение о возможности автоматизации процесса создания высокоэффективных конструкций гидромелиоративных систем на основе метода морфологической комбинаторики. Метод в достаточной мере формализуем, что позволяет на его основе разрабатывать компьютерные алгоритмы для решения конкретных технических задач [3, 8, 14]. Объектом исследований являются конструкции гидромелиоративных системы с расширенным функционалом по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза. Предмет исследований – компьютерные алгоритмы совершенствования конструкций технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза на основе метода морфологической комбинаторики.

Метод морфологической комбинаторики предполагает выделение совокупностей конструктивных или каких-либо других признаков технической системы, причем для каждого из признаков подбираются альтернативные варианты. Для решения задачи в автоматическом режиме важно, чтобы можно было организовать перебор вариантов исполнения этих признаков. То есть необходимо, чтобы варианты реализации конструктивного признака характеризовались каким-либо количественным шагом, либо чтобы эти варианты были организованы в списки, которые были бы доступны перебору.

Конструктивные признаки группируются относительно функциональных элементов технической системы. Чтобы определить конструктивные признаки, используют некоторые общие подходы. В частности, оценивается взаимное расположение функциональных элементов, составляющих техническую систему. Качественная либо

количественная характеристика взаимного расположения функциональных элементов системы является конструктивным признаком. Если техническую систему можно разбить на функциональные элементы, то, безусловно, будут и взаимосвязи между ними. То, как устроены эти связи, тоже является конструктивным признаком технической системы. К конструктивным признакам относится геометрическая форма, соотношение размерных оценок, материал, из которого изготовлен конструктивный элемент. Эти общепринятые сегменты не ограничивают поиска конструктивных признаков, причем для каждой технической системы всегда можно сформировать свою систему наиболее важных параметров.

Результаты и обсуждение. Общая последовательность формирования И-ИЛИ-дерева, являющегося основным инструментом морфологического синтеза технических решений, может быть использована при разработке новых конструкций гидромелиоративных систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза (рисунок 1). В основу этой работы положена функциональная модель технической системы. Такая модель относительно технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза была разработана нами в рамках работы над созданием концепта одноименной системы, а основные результаты этих исследований опубликованы ранее [2]. Функциональная модель, анализ технологических функций гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза позволяют выделить основные функциональные элементы такого рода конструкций для их дальнейшего совершенствования и поиска новых технических решений.

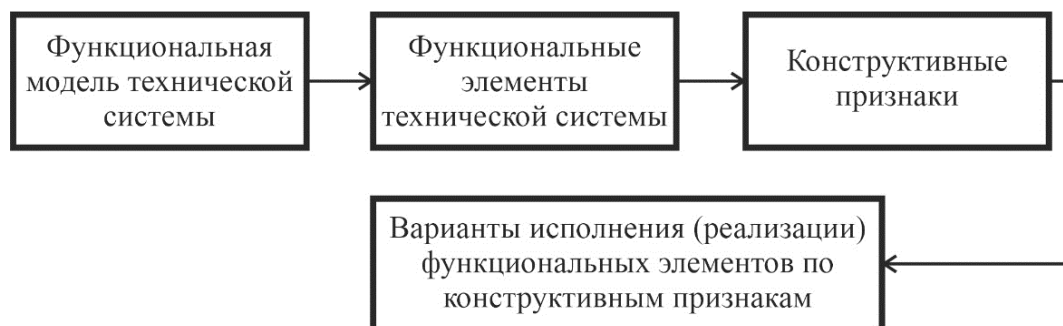


Рисунок 1 – Укрупненная модель построения И-ИЛИ-дерева морфологического синтеза технических решений для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Figure 1 – An enlarged model for constructing an AND-OR-tree of morphological synthesis of technical solutions for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Конструкции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза рассматриваются в качестве составляющих исполнительных сегментов гидромелиоративных систем нового поколения. В самом общем случае этот сегмент может быть как «веткой» гидромелиоративной системы нового поколения, так и представлять всю систему в целом, в зависимости от масштабирования новых технологий в практику орошаемого земледелия. Конструкции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза можно с успехом использовать при восстановлении утративших функции сегментов действующих гидромелиоративных систем. Поэтому разрабатываемые технические решения должны быть в первую очередь встраиваемыми в конструкции гидромелиоративных систем нового поколения и лишь во вторую – путем полного поглощения – представлять гидромелиоративную систему в целом.

Исследованиями выделены следующие функциональные элементы системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза, техническое развитие которых наиболее значимо в плане повышения эффективности новых технологий:

– водовыпуск системы капельного типа. Концепт технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза предполагает реализацию возможности сочетанного использования сразу нескольких способов полива для достижения наилучших результатов. Реализация сразу нескольких способов полива требует особой организации системы водовыпусков, а также сочетания водовыпусков разного типа. Капельный способ орошения относится к одним из наиболее перспективных гидромелиоративных технологий, предполагающих развертывание на стационарной основе. Это инструмент наиболее гибкого регулирования водного режима почвы, уже сейчас эти технологии высоко автоматизированы и позволяют организовать водообеспечение растений в соответствии с их биологическими потребностями. Использование этого способа полива положено в основу технических систем для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. При использовании в сочетании с другими способами полива к капельному водовыпуску предъявляются особые требования, и некоторые из них – специфичны для решаемой задачи. Поэтому конструктивное совершенствование системы капельных водовыпусков, трансформация технических решений в соответствии с новыми требованиями является важным этапом развития технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза;

– водовыпуск системы дождевального типа. Капельное орошение имеет много преимуществ. В качестве одного из таких преимуществ позиционируется возможность подачи оросительной воды непосредственно в прикорневую зону растений, без распыления влаги в воздухе. Действительно, при таком способе подачи воды смачивается только та зона почвы, в которой расположены корни сельскохозяйственных растений, снижается расход воды на эвапорацию, исключаются потери воды на испарение в воздухе. Однако, такой способ подачи воды имеет и обратную сторону, так как не обеспечивается возможность смачивания растительного покрова, регулирования влажности воздуха и микроклимата в среде посева. Поэтому введение дополнительной системы из водовыпусков дождевального типа является необходимым для создания технологий, направленных на регулирование гидротермического режима агрофитоценоза. При этом реализуется важное преимущество: система дождевальных водовыпусков может быть задействована только при необходимости регулирования микроклимата, компенсации вредного влияния воздушных засух и других неблагоприятных условий среды, тогда как основной полив проводится капельным способом;

– поливной трубопровод является еще одним важным функциональным элементом технической системы для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Регулирование таких факторов, как микроклимат посева, ввиду высокой динамики процессов, целесообразно, преимущественно, на площадной основе, когда регуляторы одновременно задействованы на достаточно большой территории. Использование стационарных систем орошения ввиду этого является приоритетным для регулирования гидротермического режима региона, а поливной трубопровод – неотъемлемым функциональным элементом таких технических систем. В отличие от других систем орошения, системы для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза предполагают устройство на поливных трубопроводах сразу нескольких типов водовыпусков. Требования к таким трубопроводам иные в сравнении с какими-либо до этого использовавшимися. Поэтому конструктивное совершенствование системы поливных трубопроводов видится одним из перспективных направлений

технического развития конструкций, обеспечивающих расширение функционала современных гидромелиоративных систем в плане регулирования гидротермического режима агрофитоценоза;

– распределительный трубопровод. Это важный функциональный элемент системы, так как отвечает за распределения водотока в пределах поливного модуля. Организация этого функционального элемента тесно связана с конструктивными решениями функциональных элементов системы в самом поливном модуле. На уровне этого элемента может осуществляться регулирование дифференцированных по напору потоков и от конструкции его исполнения во многом зависит эффективность системы в целом;

– система добавочного водообеспечения. Это функциональный элемент, специфика которого определяется особенностями компоновки гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Сама потребность в этой функции специфична для систем, обеспечивающих комплексное регулирование гидротермического режима, и связана с увеличением расхода воды при одновременной работе водовыпусков капельного и дождевального типа. В зависимости от режима работы система должна обеспечивать разную производительность по пропуску объемов оросительной воды. Кроме того, предполагается, что система добавочного водообеспечения сможет обеспечить потребности в оросительной воде при кратковременных включениях дождевателей при регулировании микроклимата в среде посева на уровне поливного модуля без необходимости создания напоров в водопроводящих трубопроводах;

– система дифференцированных напоров. Этот функциональный элемент технической системы также является специфичным для конструкций, обеспечивающих комплексное регулирование гидротермического режима агрофитоценоза. Использование разных способов распределения воды по орошаемому участку и, более того, разные главные функции самого орошения определяет потребность и в разных энергетических составляющих распределяемого водного потока. В этом плане система должна обеспечивать возможность дифференцирования напорно-расходных характеристик в соответствии с заданными режимами орошения;

– система фильтрации воды. Это чрезвычайно важный функциональный элемент для систем капельного орошения и мелкодисперсного дождевания, имеющих малое проходное сечение водовыпусков. Отсутствие механических и, что не менее важно, органических примесей является необходимым условием надежной работы гидромелиоративной системы, обеспечивающей реализацию расширенного функционала по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза. Важно также учитывать и расход энергии, затрачиваемой при прохождении воды через систему очистки, что отражается на изменении расходно-напорных характеристик водного потока. Выбор оптимальной конструкции системы водоочистки в этом плане видится весьма перспективным направлением развития технических систем для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза;

– гидроподкормщик. Гидромелиоративные системы с расширенным функционалом, обеспечивающим регулирование гидротермического режима агрофитоценоза, как уже говорилось, предполагают комбинирование различных способов орошения. Рассматриваются варианты с дозированным (капельным) распределением воды непосредственно в прикорневую зону почвы, с распределением воды в форме капель дождя, создание мелкокапельной взвеси, осаждающейся на вегетативных органах растений. Все эти способы обеспечивают уникальную возможность проведения подкормок питательными элементами в рамках как корневых, так и некорневых технологий. Безусловно, различные технологии подкормок должны быть ориентированы на использование раз-

личных комплексов питательных макро- и микроэлементов. В этом смысле конструкция гидроподкормщика, варианты его интеграции с мелиоративной системой должны наилучшим образом обеспечить возможность комплексного использования различных технологий подкормки сельскохозяйственных растений;

– водоводы проводящей оросительной сети разных порядков. Как правило, это наиболее материал- и энергоемкий функциональный элемент практически любой гидромелиоративной системы. От конструкции этого функционального элемента зависят объемы непроизводительных потерь воды, энергетический КПД водотока, экология окружающей среды и другие важные факторы, определяющие эффективность гидромелиоративных технологий. Гидромелиоративные системы с расширенным функционалом, обеспечивающие регулирование гидротермического режима агрофитоценоза, предъявляют особые требования к водопроводящей сети в плане сохранения расходно-напорных характеристик при транспортировании оросительной воды. Следует учитывать и необходимость изменения напорно-расходных характеристик водотока при разных режимах работы системы, а значит и транспортная функция при этом должна выполняться, как минимум с близкими значениями КПД.

Для каждого из функциональных элементов системы предполагается выделение набора конструктивных признаков с различными вариантами реализации. В первую очередь выделяются важные с точки зрения выполнения функции конструктивные признаки. Однако, ранжирование по «важности» является исключительно субъективным фактором, в силу чего такой подход не всегда оправдан. Метод морфологической комбинаторики предполагает необходимость составления наиболее полного перечня конструктивных признаков, хотя «полнота» этого перечня также является признаком субъективным, в значительной мере зависящим от квалификации составителя. В этом смысле наилучшим выходом является организация коллективной работы над формированием перечня конструктивных признаков, а значит, информационная система должна:

- иметь возможность расширения перечня конструктивных признаков;
- обеспечить доступ и согласованную работу экспертного коллектива.

Для каждого конструктивного признака должен быть сформирован перечень вариантов реализации. Если конструктивный признак в настоящем имеет только один вариант реализации, то он не используется при составлении возможных комбинаций в конструкции технической системы. Списки вариантов реализации конструктивного признака также должны быть расширяемыми, что не исключает потенциальную возможность добавления реализаций и включения конструктивного признака в работу при составлении комбинаций конструкции. В плане вариантов реализации конструктивных признаков необходимо отметить еще один момент. Дело в том, что можно использовать реальные (действительно исполнимые в настоящем) варианты реализации, а можно – идеализированные. Например, варианты реализации по конструкционным материалам функционального элемента могут включать только известные материалы, а может быть задан неизвестный в настоящем конструкционный материал с «придуманными», идеальными характеристиками. Второй подход существенно расширяет возможности технического творчества и, на наш взгляд, предпочтительнее в научных исследованиях. При этом оцениваются конкурентный потенциал несуществующего «варианта реализации» конструктивного признака и составляются исходные требования на его создание.

Варианты реализации конструктивных признаков по всем выделенным функциональным элементам в различных комбинациях составляют вариации конструктивного исполнения создаваемой технической системы. Алгоритм синтеза и идентификации вариантов реализации технической системы для регулирования гидротермического ре-

жизни агрофитоценоза приведен на рисунке 2. В основе алгоритма также лежит функциональная модель технической системы, которая позволяет выделить основные функциональные элементы. Алгоритм работает со списками, составленными в древовидные структуры данных с иерархической организацией. Функциональные элементы технической системы составляют первый (высший) уровень организации данных. Ветвление древовидной структуры данных на этом уровне касательно технической системы для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза соответствует числу вышеперечисленных функциональных элементов.

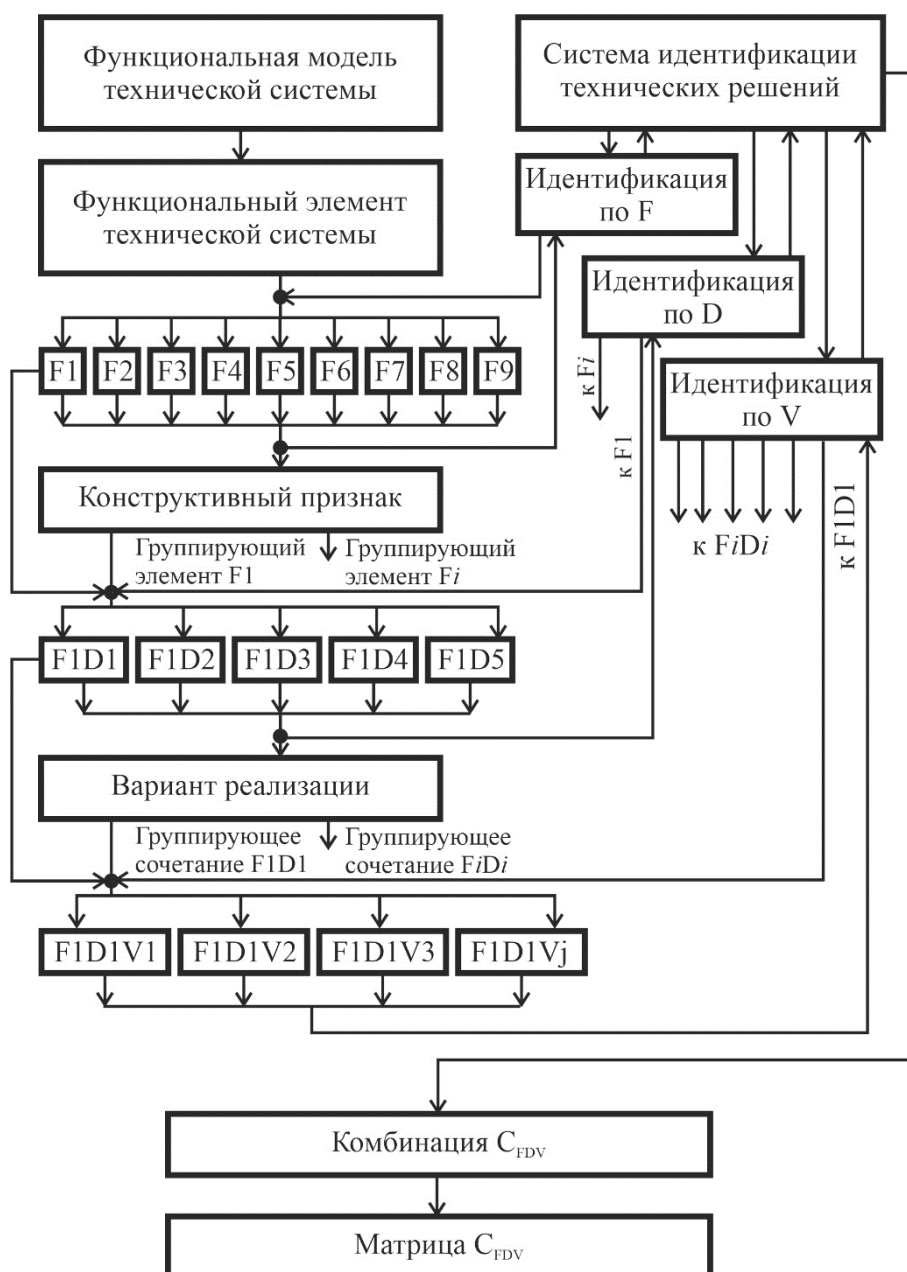


Рисунок 2 – Алгоритм синтеза и идентификации вариантов реализации технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Figure 2 – Algorithm for the synthesis and identification of options for the implementation of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Параллельно древовидной организации данных алгоритм реализует систему идентификации технических решений, построенную на комбинации трех кодов. Идентификация технических решений по коду F определяет как раз функциональный элемент системы, относительно которого организуется перебор вариантов реализации конструктивных признаков. Каждому функциональному элементу присваивается номер-идентификатор с кодом идентификатора F. Структурированные таким образом данные с присвоенным каждой структуре кодом-идентификатором являются группирующим элементом для образования структур данных следующего порядка. Это, так называемое, вторичное ветвление древовидной структуры данных, упорядочивающее информацию по перечню конструктивных признаков для каждого из функциональных элементов технической системы. Идентификатором для этой группы данных является код D.

Каждый элемент с кодом идентификатора F может иметь совокупность информационных структур с кодом идентификатора D. Каждой информационной структуре с кодом идентификатора D присваивается индивидуальный номер-идентификатор. Алгоритм присвоения такого номера может предполагать какое-то ранжирование данных, например, по важности, перспективности и т.д. Однако последнее необязательно, и номер идентификатора может присваиваться в абсолютно случайном порядке. Поскольку список конструктивных признаков для каждого функционального элемента системы является расширяемым, то и ограничений в номерах идентификатора с кодом D алгоритм не предполагает.

Сочетание идентификаторов F и D в свою очередь является группирующим комплексом для структур данных следующего уровня, которому условно присвоен код V. Данные этого уровня являются вариантами реализации конструктивных признаков для каждого из функциональных элементов системы. При этом функциональный элемент системы задается кодирующим идентификатором F, а конструктивный признак функционального элемента, кодирующим идентификатором D. Структуры данных, характеризующих варианты реализации конструктивных признаков, также имеют расширяемый формат и могут дополняться в процессе совершенствования технической системы. В связи с этим даже найденный на каком-то этапе оптимальный вариант технической системы, не может быть признан наилучшим решением, так как, возможно, с расширением списков будет создана новая конструкция, лучше отвечающая поставленным задачам.

Синтезированная по описанному алгоритму комбинация CFDV характеризует новое техническое решение с реализацией технической инновации в функциональном элементе системы F. Представленный алгоритм позволяет не только синтезировать, но и идентифицировать всю возможную совокупность технических решений, определяемых всеми возможными сочетаниями «реализаций» конструктивных признаков по каждому функциональному элементу. Итогом решения представленного алгоритма является матрица комбинаций CFDV технической системы для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Матрица CFDV является основой алгоритма создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза на основе метода морфологической комбинаторики (рисунок 3).

Алгоритм предполагает организацию перебора всех комбинаций возможных реализаций конструктивных признаков функциональных элементов технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Нулевой шаг алгоритма заключается в присвоении кодам-идентификаторам F, D и V номеров, равным 1; соответственно формируется начальная комбинация F1D1V1. Эта комбинация принимается в качестве «точки отсчета» при организации перебора всех сочетаний в рамках,

доступных на момент расчета списков по V (вариант реализации конструктивного признака) и по D (конструктивный признак функционального элемента). Одновременно осуществляется запуск и по второй ветке алгоритма, реализующей генерацию начального технического решения.

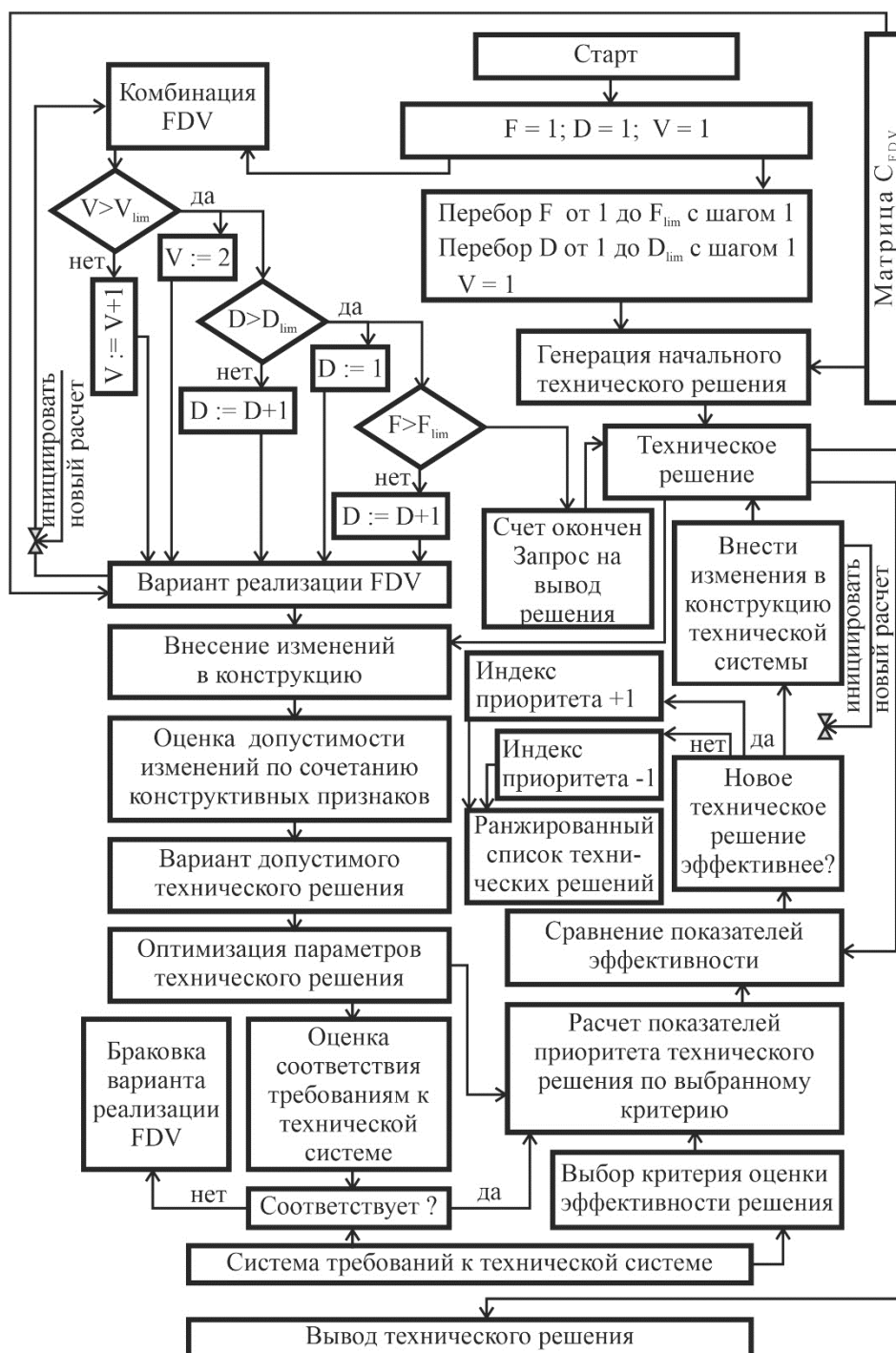


Рисунок 3 – Алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза на основе метода морфологической комбинаторики

Figure 3 – Algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis based on the method of morphological combinatorics

Для генерации начального технического решения алгоритм осуществляет перебор всех функциональных элементов системы (F) и, соответствующих им, конструктивных признаков (перебор по D). При этом для каждого сочетания F и D варианту реализации конструктивного признака (V) присваивается номер, равный 1. Целесообразно в качестве варианта реализации конструктивного признака с номером 1 принять вариант известного технического решения. Тогда это, уже проверенное техническое решение, может использоваться в качестве контроля для сравнения с техническими решениями, имеющими те или иные инновационные реализации. Генерация технического решения предполагает использование данных матрицы CFDV, которые, помимо кода идентификатора, содержат исчерпывающее описание используемых реализаций конструктивных признаков для каждого функционального элемента технической системы. Сгенерированное техническое решение передается в одноименный блок «Техническое решение», который является центральным звеном всего алгоритма. В результате, во временную память блока «Техническое решение» записывается код и исчерпывающее инженерное описание начального технического решения.

Перебор комбинаций FDV в первой из рассматриваемых веток алгоритма организован стандартным образом. В первую очередь осуществляется перебор по списку реализаций конструктивного признака функционального элемента технической системы (перебор по V). При этом если значение кода V достигает предельного значения V_{lim} и выходит за пределы существующего списка, алгоритм переходит к следующему конструктивному признаку (D+1). При этом коду V (вариант реализации конструктивного признака) присваивается значение 2. Значения V1 игнорируются, так как их комбинация составляет начальное решение технической системы. При достижении предела перебора списка по D ($D \geq D_{lim}$), то есть список выделенных конструктивных признаков функционального элемента исчерпан, алгоритм переходит к следующему функциональному элементу технической системы (F+1).

При этом коду D присваивается значение 1, а коду V – значение 2. Перебор по списку конструктивных признаков функционального элемента системы и вариантам их реализации повторяется. При исчерпании списка выделенных функциональных элементов системы счет алгоритма считается оконченным и инициируется запрос на вывод наилучшего технического решения.

За один цикл алгоритм перебора формирует одну новую комбинацию FDV. Эта комбинация определяет функциональный элемент и конструктивный признак, для которого выбирается новый вариант реализации. Использование нового варианта реализации конструктивного признака и является элементом инновации, отличающим новое техническое решение от предыдущего. Для данного варианта из матрицы CFDV импортируются данные, включающие техническое описание варианта реализации конструктивного признака, что позволяет перейти к следующему шагу выполнения алгоритма – внесению изменений в конструкцию технической системы. На этом этапе импортируются данные по текущему техническому решению и в него вносятся изменения, соответствующие новой реализации конструктивного признака. По сути формируется сырой вариант нового технического решения.

На следующем этапе алгоритм предполагает проверку по поводу допустимости внесения в конструкцию изменений, соответствующих новой реализации конструктивного признака. Вероятно, эта реализация не возможна ввиду особенностей конструкции других функциональных модулей, или не сочетается с текущей версией реализации других конструктивных признаков функционального модуля, в который вносятся изменения. Если внесение изменения допустимо, алгоритм переходит к оптимизации пара-

метров технического решения. Действительно, внесение конструктивных инноваций предполагает возможность изменения режимов работы функционального модуля. И этот новый вариант технического решения уже нельзя считать оптимизированным по совокупности конструктивных параметров, учитывающих новый вариант реализации конструктивного признака. Алгоритм оптимизации конструктивных параметров системы был разработан и опубликован нами ранее; его логика и возможности вполне отвечают поставленным здесь задачам [1].

Оптимизированное, с точки зрения режимных параметров, техническое решение проходит проверку на соответствие требованиям, предъявляемым к техническим системам с расширенным функционалом по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза. Если полученное в результате комбинаторного замещения вариантов реализации конструктивных признаков техническое решение не соответствует системе предъявляемых требований, то вариант бракуется.

Если полученное в результате внесения изменений техническое решение соответствует системе предъявляемых требований, то алгоритм осуществляет переход к следующему этапу расчетов. На следующем этапе осуществляется расчет показателей приоритета технического решения. Критерий приоритета в зависимости от решаемых задач может быть разным, но формируется он с учетом требований к технической системе для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Критерий приоритета может выбираться на основании главного фактора, а также может быть комплексирован из совокупности факторов. Величина критерия приоритета определяется для технического решения с уже оптимизированными конструктивными параметрами. Это позволяет использовать расчетную величину критерия приоритета для сравнения предшествующего и нового технического решения с внесенными в конструкцию изменениями, соответствующими текущей комбинации FVD. В случае если величина критерия приоритета нового технического решения окажется ниже, чем у предшествующего, то такой вариант реализации системы отвергается. Собственно, само новое решение в этом случае занимает соответствующее своему рангу место в ранжированном списке реализаций конструкции.

Если новое техническое решение окажется более приоритетным, чем предшествующее, то принимается решение о внесении изменений в конструкцию технической системы. При этом данные нового технического решения замещают всю информацию по предшествующему техническому решению в блоке «Техническое решение». Одновременно инициируется запрос на новый цикл расчета с перебором комбинаций FDV, и все действия в последовательности алгоритма повторяются.

Как уже говорилось, блок «Техническое решение» – это один из центральных блоков настоящего алгоритма. Последовательное замещение данных по техническим решениям на более эффективные, от цикла к циклу, позволяет в итоге выявить наилучшее техническое решение, которое и станет итогом решения всего алгоритма. Расчет считается законченным при переборе всех вариантов реализации конструктивных признаков по всем спискам конструктивных признаков для каждого из выделенных функциональных элементов технической системы. По завершении всех циклов расчета дается команда на вывод наилучшего технического решения. Следует добавить, что расширение списков возможных реализаций конструктивных признаков, как и списка самих признаков, может существенно повлиять на результаты работы алгоритма. Могут быть получены новые, более эффективные технические решения. В этом смысле предложенный алгоритм позволяет автоматизировать работу с наиболее трудоемкими, рутинными расчетами, но ни в коем случае не подменяет процесс инженерного творчества.

Выводы. Таким образом, известный в инженерии и хорошо апробированный метод морфологической комбинаторики является перспективным инструментом при проектировании технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. Такие конструкции разрабатываются как составляющие гидромелиоративных систем нового поколения и, в общем, ориентированы как на восстановление утративших функции сегментов действующих систем орошения, так и на создание гидромелиоративной системы в целом. В основу создания гидромелиоративных систем, обеспечивающих комплексное регулирование гидротермического режима агрофитоценоза, положен принцип комбинирования различных способов орошения. Такие системы сложны в конструктивном исполнении и предъявляют особые требования к работе всех функциональных элементов, имеют принципиально новые функциональные блоки в сравнении с известными конструкциями гидромелиоративных систем. Как и в любой сложной технической системе, создаваемые технические решения имеют множество альтернативных вариантов реализаций, причем изменения даже в самом незаметном конструктивном модуле функционального элемента могут существенно отражаться на работе всей системы в целом. Исследованиями разработан алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза на основе метода морфологической комбинаторики. Алгоритм включает систему идентификации вариантов реализации технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза, функциональные модули перебора комбинаций возможных конструктивных реализаций, оценки согласованности конструктивных решений в различных комбинациях возможных реализаций, модуля оптимизации конструктивных параметров при введении изменений по оцениваемому варианту реализации, модуля оценки соответствия требованиям, предъявляемым к таким техническим системам, модулей оценки критерия приоритета технического решения, а также сравнения нового и предшествующего технического решения по этому критерию. Алгоритм построен так, что техническое решение, отличающееся большим приоритетом, всегда замещает техническое решение с меньшим приоритетом. В итоге это позволяет найти наилучшее техническое решение при всех возможных вариантах реализации конструктивных признаков для совокупности функциональных элементов системы. Алгоритм позволяет автоматизировать процесс поиска наилучших конструктивных решений при создании гидромелиоративных систем для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. К решению задачи автоматизации вычислений при проектировании систем комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 291-304.
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. Галочкин В. И. Перечисление решающих деревьев на И-ИЛИ дереве по монотонным ограничениям // Программные системы и вычислительные методы. 2016. № 4. С. 340-347.
4. Куртебаев Б. М. Испытания модульных систем мелкодисперсного дождевания // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2017. № 7. С. 84-86.
5. Майер А. В., Захаров Ю. И., Криволицкая Н. В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 206-210.

6. Макарычев С. В. Особенности комбинированного механизма тепловлагообмена в почве при использовании гидромелиораций // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (181). С. 62-67.

7. Муродов Н. К., Авлакулов М. Анализ теплового режима почвы при орошении сельскохозяйственных культур методом субиригации // Новый университет. Серия: Технические науки. 2016. № 1 (47). С. 12-16.

8. Пальчевский Б. А., Великий А. А. Разработка системы автоматизированного оптимизационного синтеза структуры технических объектов путем использования деревьев "И-ИЛИ" // Технологічні комплекси. 2011. № 2 (4). С. 023-030.

9. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции / Н. Н. Дубенок, А. В. Майер, В. М. Гуренко, С. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 253-265.

10. Терпигорев А. А., Гжибовский С. А., Грушин А. В. Технологии и технические средства для защиты растений в термически напряжённые периоды // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 51. С. 327-332.

11. Учет изменений климата и интенсивности засух при планировании орошения в зоне южной степи Украины / О. И. Жовтоног, Л. А. Филиппенко, Т. Ф. Деменкова, В. В. Полищук, Я. А. Бутенко // Меліорація і водне господарство. 2018. № 1 (107). С. 37-46.

12. Khanal S., Fulton J., Shearer S. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. V. 139. P. 22-32.

13. Sahaar S. A., Niemann J. D. Impact of regional characteristics on the estimation of root-zone soil moisture from the evaporative index or evaporative fraction // Agricultural Water Management. 2020. V. 238. N 106225.

14. Shentsova O. M. The heuristic methods in engineering and design as a trend in modern architectural education // Modern Science. 2019. № 1. P. 136-141.

Conclusions. Thus, the well-known in engineering and well-tested method of morphological combinatorics is a promising tool in the design of technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis. Such structures are being developed as components of new generation irrigation and drainage systems and, in general, are focused both on the restoration of segments of existing irrigation systems that have lost their functions, and on the creation of an irrigation and drainage system as a whole. The basis for the creation of irrigation and drainage systems that provide comprehensive regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis is based on the principle of combining various methods of irrigation. Such systems are complex in design and impose special requirements on the operation of all functional elements; they have fundamentally new functional blocks in comparison with the known designs of irrigation and drainage systems. As in any complex technical system, the created technical solutions have many alternative implementations, and changes in even the most imperceptible structural module of a functional element can significantly affect the operation of the entire system as a whole. Research has developed an algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis based on the method of morphological combinatorics. The algorithm includes a system for identifying options for the implementation of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis, functional modules for enumerating combinations of possible design implementations, assessing the consistency of design solutions in various combinations of possible implementations, a module for optimizing design parameters when introducing changes for the evaluated implementation option, a module for assessing compliance with the requirements to such technical systems, modules for evaluating the priority criterion of a technical solution, as well as comparing a new and previous technical solution according to this criterion. The algorithm is constructed in such a way that a technical solution with a higher

priority always replaces a technical solution with a lower priority. As a result, this allows you to find the best technical solution for all possible options for the implementation of design features for a set of functional elements of the system. The algorithm allows automating the process of finding the best design solutions when creating irrigation and drainage systems for the integrated regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. K resheniyu zadachi avtomatizatsii vychislenij pri proektirovanii sistem kombinirovannogo orosheniya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020. № 4 (60). P. 291-304.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehnologicheskie funktsii tehnikeskoj sistemy dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitotsenoza i kompleksnoj protektsii posevov ot klimaticheskikh riskov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020. № 2 (58). P. 307-319.
3. Galochkin V. I. Perechislenie reshayushchih derev'ev na I-ILI dereve po monotonnym ogranicheniyam // *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody*. 2016. № 4. P. 340-347.
4. Kurtebaev B. M. Ispytaniya modul'nykh sistem melkodispersnogo dozhdevaniya // *Izvestiya VUZov Kyrgyzstana*. 2017. № 7. P. 84-86.
5. Majer A. V., Zaharov Yu. I., Krivoluckaya N. V. Universal'naya mnogofunktsional'naya sistema orosheniya dlya kombinirovannykh sposobov poliva // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2015. № 1 (37). P. 206-210.
6. Makarychev S. V. Osobennosti kombinirovannogo mehanizma teplovlagoobmena v pochve pri ispol'zovanii gidromelioratsii // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 11 (181). P. 62-67.
7. Murodov N. K., Avlakulov M. Analiz teplovogo rezhima pochvy pri oroshenii sel'skohozyajstvennykh kul'tur metodom subirrigatsii // *Novyj universitet. Seriya: Tehnicheskie nauki*. 2016. № 1 (47). P. 12-16.
8. Pal'chevskij B. A., Velikij A. A. Razrabotka sistemy avtomatizirovannogo optimizatsionnogo sinteza struktury tehnikeskikh ob'ektov putem ispol'zovaniya derev'ev "I-ILI" // *Tehnologichni kompleksi*. 2011. № 2 (4). P. 023-030.
9. Sistema kombinirovannogo orosheniya i jffektivnost' proizvodstva ovoschnoj produkcii / N. N. Dubenok, A. V. Majer, V. M. Gurenko, S. V. Borodychev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2019. № 2 (54). P. 253-265.
10. Terpigorev A. A., Gzhibovskij S. A., Grushin A. V. Tehnologii i tehnikeskie sredstva dlya zashchity rastenij v termicheski napryazhjonnye periody // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017. T. 51. P. 327-332.
11. Uchet izmenenij klimata i intensivnosti zasuh pri planirovanii orosheniya v zone yuzhnoj stepi Ukrainy / O. I. Zhovtonog, L. A. Filippenko, T. F. Demenkova, V. V. Polischuk, Ya. A. Butenko // *Melioratsiya i vodne gospodarstvo*. 2018. № 1 (107). P. 37-46.
12. Khanal S., Fulton J., Shearer S. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. V. 139. P. 22-32.
13. Sahaar S. A., Niemann J. D. Impact of regional characteristics on the estimation of root-zone soil moisture from the evaporative index or evaporative fraction // *Agricultural Water Management*. 2020. V. 238. N 106225.
14. Shentsova O. M. The heuristic methods in engineering and design as a trend in modern architectural education // *Modern Science*. 2019. № 1. P. 136-141.

Authors Information

Borodychev Viktor Vladimirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. **E-mail:** vkovniigim@yandex.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник 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,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-34

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF FILTER LOADS FOR DEFERRIZATION OF WATER FROM UNDERGROUND WATER SOURCES FOR DRIP IRRIGATION SYSTEMS

A.S. Ovchinnikov¹, V.S. Bocharnikov¹, O.V. Bocharnikova¹,
E.V. Pustovalov¹, M.A. Denisova¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 24.12.2020

Submitted 20.05.2021

Abstract

Introduction. The use of groundwater in land reclamation practice is complicated by the high content of iron impurities. The presence of iron in irrigation water negatively affects the operation of the main and auxiliary equipment of drip irrigation systems, causes corrosion and premature wear of metal pipes of water distribution systems. In addition, prolonged watering with such water negatively affects the biological development of plants. In order to increase the operational reliability of drip irrigation systems, as well as to obtain the planned yields, when using water from underground water sources for irrigation, special attention should be paid to deferrization. In most cases, deferrization is an energy-intensive, capital-intensive method for treating irrigation water. Therefore, the development of the simplest iron removal technology available to a farm is an urgent task. **Object.** The object of research is the underground waters of the Volgograd region. **Materials and methods.** Three samples of filtering material took part in the research as a load: quartz sand with a grain size of 1.0-1.5 mm; natural zeolite with a particle size of 1.5-2.0 mm; pyrolusite (MnO₂) with a fraction of 1.0 mm. For each sample of the filtering material, two variants of the filtration rate were investigated: $V = 5-9 \text{ m / h}$; $V = 10-15 \text{ m / h}$. **Results and conclusions.** Filtration through a sand load at $V = 5-9 \text{ m / h}$, the total iron index ($\text{Fe}_{\text{general}}$) was reduced to 0.99 mg / l, at $V = 10-15 \text{ m / h}$ - to 0.44 mg / l, which does not satisfy the conditions of the maximum permissible concentration. The use of zeolite loading made it possible to extract iron impurities to the required indicator ($\text{Fe}_{\text{general}} = 0.3 \text{ mg / l}$) at a speed of $V = 10-15 \text{ m / h}$, when at $V = 5-9 \text{ m / h}$ this indicator decreased only to 0.37 mg / l. The best results were shown by filters with catalytic pyrolusite loading where the efficiency of removing iron from water was 88.2% at a speed of $V = 5-9 \text{ m / h}$, and 93.7% at a speed of $V = 10-15 \text{ m / h}$. Thus, to obtain the desired result, filtration should be carried out on filters with a zeolite load at a speed of $V = 10-15 \text{ m / h}$, or through pyrolusite, while there is no need to use higher filtration rates.

Key words: groundwater, drip irrigation system, deferrization, quartz sand, natural zeolite, pyrolusite

Citation. Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Bocharnikova O.V., Pustovalov E.V., Denisova M.A. Analysis of the efficiency of filter loads for deferrization of water from underground water sources for drip irrigation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 330-338 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-34.

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

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЗАГРУЗОК ПРИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИИ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

А. С. Овчинников, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

О. В. Бочарникова, доктор технических наук, доцент

Е. В. Пустовалов, кандидат сельскохозяйственных наук

М. А. Денисова, кандидат технических наук

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 24.12.2020

Дата принятия к печати 20.05.2021

Актуальность. Использование подземных вод в мелиоративной практике усложняется высоким содержанием примесей железа. Наличие железа в поливной воде негативно сказывается на работе основного и вспомогательного оборудования систем капельного орошения, вызывает коррозию и преждевременный износ металлических труб систем водораспределения. Кроме того, длительный полив такой водой негативно сказывается на биологическом развитии растений. С целью повышения эксплуатационной надежности систем капельного орошения, а также получения планируемых урожаев при использовании для полива воды из подземных водоисточников особое внимание следует уделять обезжелезиванию. В большинстве случаев обезжелезивание – это энергоемкий, требующий больших капиталовложений метод очистки поливной воды. Поэтому разработка простейшей технологии обезжелезивания, доступной фермерскому хозяйству, является актуальной задачей. **Объект.** Объектом исследования являются подземные воды Волгоградской области. **Материалы и методы.** В качестве загрузки в исследованиях участвовали три образца фильтрующего материала: кварцевый песок с размером зерен 1,0-1,5 мм; природный цеолит крупностью 1,5-2,0 мм; пиролюзит (MnO_2) фракцией 1,0 мм. Для каждого образца фильтрующего материала исследовались два варианта скорости фильтрования: $V = 5-9$ м/ч; $V = 10-15$ м/ч. **Результаты и выводы.** Фильтрование через песчаную загрузку при $V = 5-9$ м/ч обеспечило снижение общего показателя железа ($Fe_{общ}$) был снижен до 0,99 мг/л, при $V = 10-15$ м/ч – до 0,44 мг/л, что не удовлетворяет условиям ПДК. Использование цеолитовой загрузки позволило извлечь примеси железа до требуемого показателя ($Fe_{общ} = 0,3$ мг/л) при скорости $V = 10-15$ м/ч, когда при $V = 5-9$ м/ч этот показатель понизился лишь до 0,37 мг/л. Наилучшие результаты показали фильтры с каталитической пиролюзитовой загрузкой, где эффективность удаления железа из воды составляла при скорости $V = 5-9$ м/ч 88,2 %, при скорости $V = 10-15$ м/ч – 93,7 %. Таким образом, для получения требуемого результата, фильтрацию следует проводить на фильтрах с цеолитовой загрузкой при скорости $V = 10-15$ м/ч, или через пиролюзит, при этом нет необходимости применения более высоких скоростей фильтрования.

Ключевые слова: подземные воды, системы капельного орошения, обезжелезивание воды, кварцевый песок, природный цеолит, пиролюзит.

Цитирование. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Бочарникова О. В., Пустовалов Е. В., Денисова М. А. Анализ эффективности работы фильтрующих загрузок при обезжелезивании воды из подземных водоисточников для систем капельного орошения. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 330-338. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-34.

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. Волгоградская область, находясь в сложных агроклиматических условиях с жарким летом и малым количеством осадков, относится к зоне рискованного земледелия, где выращивание овощных культур невозможно представить без использования полива [1]. Только благодаря совершенствованию и внедрению в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающих технологий, способов и систем орошения [4] регион смог добиться высоких показателей не только в овощеводстве, но и в обеспечении продовольственной безопасности страны в целом.

Преимущественно вода для полива подается из поверхностных водоисточников [7]. Однако в условиях отсутствия близлежащих открытых источников воды, а также оросительных систем с магистральными и распределительными каналами аграрии прибегают к использованию для полива воды из подземных водоисточников [9, 10].

В настоящее время в Волгоградской области разведано свыше 150 месторождений подземных вод, используемых для орошения и питьевого водоснабжения. Их главной характерной особенностью является высокое содержание железа.

Наличие железа в поливной воде негативно сказывается на работе основного и вспомогательного оборудования систем капельного орошения: вызывает коррозию и преждевременный износ металлических труб систем водораспределения; трехвалентное железо (Fe^{3+}) легко гидролизует в нерастворимый осадок гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, образуя взвесь, что в свою очередь снижает расход капельных лент и влечет за собой отклонение от режима орошения [3, 5, 8].

Длительный полив такой водой негативно сказывается на биологическом развитии растений. Как правило, избыточное содержание железа в поливной воде приводит к нежелательному росту патогенных бактерий и грибов, способствующих образованию гнилей у растений. Среди овощных культур особой чувствительностью к железу отличаются огурцы и томаты, у которых главным симптомом избытка железа являются темно-зеленые жилки на фоне светлой листовой пластинки.

Таким образом, с целью повышения эксплуатационной надежности систем капельного орошения, а также получения планируемых урожаев при использовании для полива воды из подземных водоисточников особое внимание следует уделять обезжелезиванию. В большинстве случаев обезжелезивание – это энергоемкий, требующий больших капиталовложений метод очистки поливной воды. Поэтому разработка простейшей технологии обезжелезивания, доступной фермерскому хозяйству, является актуальной задачей.

Материалы и методы. Образцы исходной воды для анализа отбирались из артезианской скважины глубиной 153 м. Химический состав воды изучался по показателям, представленным в таблице 1. Показатели общего железа ($\text{Fe}_{\text{общ}}$) в исходной воде были превышены в 8 раз. Из всего содержащегося в воде железа основная доля приходится на двухвалентное железо (Fe^{2+}) – 93,7 %.

При выборе метода обезжелезивания следует учитывать состав и количество различных форм железа в воде. Если для удаления трехвалентного железа (Fe^{3+}) достаточно фильтрования через кварцевый песок с предварительным изливом воды с высоты 0,5-0,7 м, то для растворенного двухвалентного железа (Fe^{2+}) требуются аэрация и другие, более сложные технические решения.

Особое внимание в процессе обезжелезивания аэрацией следует уделять рН воды. Процесс обезжелезивания протекает тем быстрее, чем выше рН. По приведенным данным химического состава воды рН более 6,6 единиц, поэтому целесообразно провести аэрацию совместно с фильтрованием по так называемому методу «сухой фильтрации» (рисунок 1).

Таблица 1 – Химический состав исходной воды

Table 1 – Chemical composition of source water

Показатель / Index	Ед. Измерения / unit of measurement	Характеристика / Characteristic	ПДК / maximum permissible concentration
рН	-	6,7	6,5-8,5
Железо двухвалентное / Ferrous iron (Fe^{2+})	мг/л / mg / l	2,22	-
Железо трехвалентное / Ferric iron (Fe^{3+})	мг/л / mg / l	0,15	-
Железо общее / Iron total ($\text{Fe}_{\text{общ}}$)	мг/л / mg / l	2,37	0,3

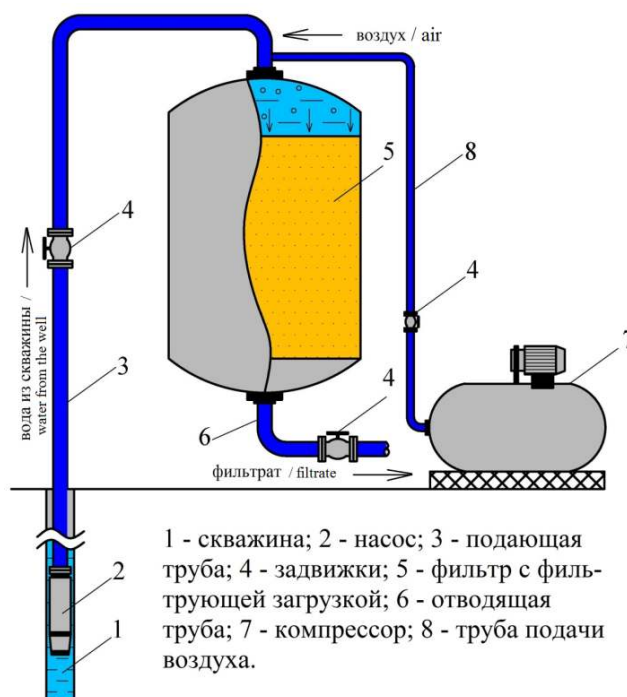


Рисунок 1 – Технологическая схема обезжелезивания воды по методу «сухой фильтрации»

Figure 1 – Technological diagram of water deferrization by the method «Dry filtration»

1 – well; 2 – pump; 3 – feed pipe; 4 – gate valves; 5 – filter with filter loading; 6 – branch pipe; 7 – compressor; 8 – air supply pipe

Сущность метода заключается в фильтровании воздушно-водной эмульсии через незатопленную («сухую») зернистую фильтрующую загрузку [2, 6], находящуюся под небольшим вакуумом. Объем подаваемого воздуха берется из расчета 1 : 3 (три объема воздуха на один объем воды).

В качестве загрузки в исследованиях участвовали три образца фильтрующего материала (рисунок 2): кварцевый песок с размером зерен 1,0-1,5 мм; природный цеолит крупностью 1,5-2,0 мм; пиролюзит (MnO_2) фракцией 1,0 мм.



Рисунок 2 – Образцы исследуемых фильтрующих материалов

Figure 2 – Samples of the investigated filter materials

Кварцевый песок (SiO_2) – наиболее распространенный материал, используемый в водоочистке. Его широкое применение, в первую очередь, обусловлено доступностью и дешевизной. Кроме того, песок обладает хорошими сорбционными свойствами, обусловленными неровностями на поверхности зерен и высокой межзерновой пористостью, которая увеличивает грязеемкость.

Природный цеолит – это природный пористый минерал с высокими сорбционными и ионообменными свойствами. Состав и свойства исследуемого образца (Иловинское месторождение Волгоградской области) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика состава и свойств природного цеолита

Table 2 – Characteristics of the composition and properties of natural zeolite

Физические свойства/ Physical properties					
Показатель / Index		Значение / Value			
Обменная емкость, мг-экв/г. /Exchange capacity, mg-eq / g		0,4			
Плотность, г/см ³ / Density, g /cm ³		1,1			
Пористость/ Porosity, %		55			
Минеральный состав (% от масс)/ Mineral composition (% by weight)					
Показатель / Index		Значение / Value	Показатель / Index	Значение / Value	
Клиноптилолит / Clinoptilolite		25	Глинистые минералы / Clay minerals	12	
Опал-кристобалит-тридимит / Opal-cristobalite-tridymite		49	Кварц/ Quartz	11	
Кальцит / Calcite		2	Полевой шпат/ Feldspar	1	
Химический состав (% от масс) / Chemical composition (% by mass)					
Показатель / Index	Значение / Value	Показатель / Index	Значение / Value	Показатель / Index	Значение / Value
SiO ₂	76,58	Fe ₂ O ₃	2,39	Na ₂ O	0,53
TiO ₂	0,33	CaO	3,0	K ₂ O	1,51
Al ₂ O ₃	5,19	MgO	0,74	H ₂ O	9,73

Пиролузит (MnO_2) – диоксид марганца, природный минерал, который в последние десятилетия находит широкое применение в системах водоочистки. Этот материал используется в качестве каталитической загрузки, способен окислять железо, переводит его в нерастворимый осадок, который легко удаляется фильтрованием.

Для каждого образца фильтрующего материала исследовались два варианта скорости фильтрования: $V = 5-9$ м/ч; $V = 10-15$ м/ч.

Результаты и обсуждение. Эффективность работы фильтрующей загрузки определяется показателями остаточных примесей в обработанной жидкости (рисунок 3). Согласно данным, представленным в таблице 1 и на рисунке 3, общее железо ($Fe_{общ}$) в исходной воде содержится в количестве 2,37 мг/л. В соответствии с требованиями ПДК, данный показатель должен быть снижен как минимум на 87,3 %.

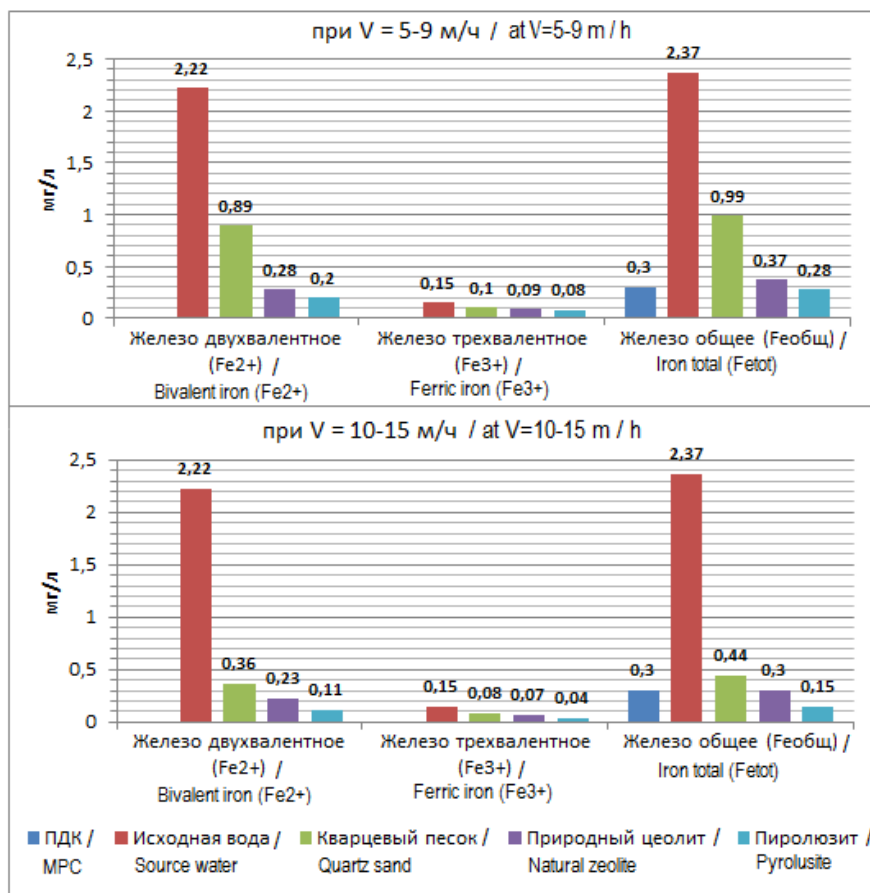


Рисунок 3 – Диаграмма остаточных примесей железа в обработанной жидкости

Figure 3 – Diagram of residual iron impurities in the treated liquid

Диаграмма показывает, что удаление железа фильтрованием через кварцевый песок малоэффективно. При условии что содержание общего железа ($Fe_{общ}$) в поливной воде после обработки не должно превышать 0,3 мг/л, этот показатель при скорости $V = 5-9$ м/ч удалось снизить на 58,2 %, с 2,37 до 0,99 мг/л, из них 0,89 мг/л приходилось на двухвалентное железо (Fe^{2+}), на трехвалентное железо (Fe^{3+}) – 0,1 мг/л. Увеличение скорости фильтрования до 10-15 м/ч повысило эффективность очистки лишь на 23,2 % относительно $V = 5-9$ м/ч, что не удовлетворяет условиям использования воды для полива.

Фильтрование через цеолитовую загрузку оказалось несколько эффективнее, чем фильтрование через кварцевый песок. Результаты, удовлетворяющие условиям ПДК, были получены при фильтровании со скоростью $V = 10-15$ м/ч. Содержание общего железа ($Fe_{общ}$) было снижено до 0,3 мг/л, из которых 0,23 мг/л приходилось на двухвалентное железо (Fe^{2+}), а 0,07 мг/л – на трехвалентное (Fe^{3+}). При $V = 5-9$ м/ч $Fe_{общ}$ понизилось на 84,4 %, с 2,37 до 0,37 мг/л.

Наилучшие результаты показали фильтры с каталитической пиролюзитовой загрузкой, где эффективность удаления железа из воды составляла при скорости $V = 5-9$ м/ч 88,2 %, при скорости $V = 10-15$ м/ч – 93,7 %.

Выводы. В целом можно сказать, что железо в подземных водах содержится преимущественно в растворенном виде ионов Fe^{2+} , что обуславливает трудность его извлечения, в отличие от трехвалентного железа Fe^{3+} . Устранение железа методом фильтрования через песчаную загрузку не является целесообразным, поскольку показатели содержания железа в очищенной воде превышают ПДК независимо от скорости фильтрования. Для получения требуемого результата фильтрацию следует проводить на фильтрах с цеолитовой загрузкой при скорости $V = 10-15$ м/ч, или через пирролюзит, при этом нет необходимости применения более высоких скоростей фильтрования.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. О., Джамалетдинова Е. Э. Особенности водосберегающей технологии полива овощных культур на юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 17-30.
2. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки / В. С. Бочарников, О. В. Козинская, М. А. Денисова, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 260-267.
3. Ламскова М. И., Филимонов М. И., Новиков А. Е. Использование закрученных потоков и сорбционных эффектов при водоочистке в низконапорных оросительных системах с локальной подачей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4 (24). С. 189-201.
4. Михневич Э. И., Пропольский Д. Э. Анализ методов обезжелезивания воды и условия их применения // Мелиорация. 2017. № 2 (80). С. 59-65.
5. Новикова И. В., Лунева Е. Н., Грицай А. В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 1-17.
6. Овчинников А. С., Пустовалов Е. В. Результаты исследований применения цеолитсодержащих пород в качестве фильтрующего материала при очистке животноводческих стоков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 71-77.
7. Опыт внедрения мембранной технологии очистки артезианских вод с высоким содержанием железа и марганца / А. В. Лойко, И. В. Шибанов, Г. Г. Каграманов, А. М. Бланко-Педрахон // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2018. № 4 (124). С. 58-62.
8. Пушкарева Г. И. Использование низкосортных марганцевых руд сибери для решения экологических проблем // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 2. № 2. С. 264-267.
9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). P. 19-22.
10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. V. 13. P. 4181-4184.

Conclusions. In general, we can say that iron in groundwater is contained mainly in the dissolved form of Fe^{2+} ions, which makes it difficult to extract, in contrast to ferric iron Fe^{3+} . The elimination of iron by filtration through a sand bed is not advisable, since the iron content in the treated water exceeds the MPC regardless of the filtration rate. To obtain the desired result, filtration should be carried out on filters with a zeolite load at a speed of $V = 10-15$ m / h, or through pyrolusite, while there is no need to use higher filtration rates.

References

1. Akhmedov A. D. O., Jamaletdinova E. E. Features of water-saving technology for watering vegetable crops in the south of Russia // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. No. 4 (36). P. 17-30.

2. Study of the modes of sedimentation of the loading using a hydraulic installation / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova // News of the Lower Volga agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). P. 260-267.
3. Lamskova M. I., Filimonov M. I., Novikov A. E. The use of swirling flows and sorption effects in water treatment in low-pressure irrigation systems with local supply // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. 2016. No. 4 (24). P. 189-201.
4. Mikhnevich E. I., Propolsky D. E. Analysis of water deferrization methods and conditions for their application // Melioration. 2017. No. 2 (80). P. 59-65.
5. Novikova I. V., Luneva E. N., Gritsay A. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural land // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. 2019. No. 3 (35). P. 1-17.
6. Ovchinnikov A. S., Pustovalov E. V. The results of research on the use of zeolite-containing rocks as a filter material in the treatment of livestock wastewater // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2017. No. 4 (48). P. 71-77.
7. Experience in the implementation of membrane technology for purification of artesian waters with a high content of iron and manganese / A. V. Loiko, I. V. Shibarov, G. G. Kagramanov, A. M. Blanco-Pedrejon // Water purification. Water treatment. Water supply. 2018. No. 4 (124). P. 58-62.
8. Pushkareva G. I. The use of low-grade manganese ores of Siberia for solving environmental problems // Interexpo Geo-Siberia. 2017. Vol. 2. No. 2. P. 264-267.
9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). P. 19-22.
10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. V. 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the department "Applied geodesy, environmental management and water use", FSBEI HE "Volgograd Agrarian University" (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy prospect, 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel., 8 (8442) 41-17-84 mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel., 8 (8442) 41-17-84 mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Pustovalov Evgeniy Vasilievich, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy prospect, 26), Ph.D. in agricultural sciences, tel., 8 (8442) 41-81-53 mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru.

Denisova Maria Alekseevna, Senior Lecturer of the Department of Applied Geo-Desy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy prospect, 26), Ph.D., tel., 8 (8442) 41-81-53 e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Информация об авторе

Овчинников Алексей Семенович, академик РАН, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84 e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, доцент, тел. 8 (8442)41-17-84 e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Пустовалов Евгений Васильевич, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442)41-81-53 e-mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, старший преподаватель кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат технических наук, тел. 8 (8442)41-81-53 e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-35

QUALITATIVE INDICATORS OF SPRAYING WHEN USING THE METHOD OF STRIP CHEMICAL TREATMENT OF SUNFLOWER

I.B. Borisenko^{1,2}, M. V. Meznikova¹, E. I. Ulybina^{1,3}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Astrakhan region*

³*State Budget Professional Educational Institution*

«Sebryakovsky Technological College» Volgograd region

Received 10.03.2021.

Submitted 15.05.2021

Abstract

Introduction. This article discusses the qualitative indicators of spraying using the method of strip chemical treatment of sunflower, taking into account the phase of growth and development of the plant. The operation of chemical plant protection in the cost structure is 20%. The difficulties of the operation are associated with many agrotechnological parameters. In order to reduce the cost of the spraying operation, it is necessary to look for new approaches to applying the solution to the plant, depending on the architecture of the structure and the phase of development of the crop. This approach was found as a new technology for the method of strip chemical treatment of high-stemmed crops. The principle of applying the solution to the plant is to redistribute the solution from the untreated strip to the plant, since in the development phase of 6-8 pairs of leaves, the sunflower has a sufficiently high stem, and the weeds are oppressed by the cultivated plant. Therefore, there is no need to carry out a continuous treatment with a chemical solution and row spacing and row. **Materials and methods.** Measurements of the phase of growth and development of sunflower were carried out during the period from the moment of sowing to harvesting of the crop. To measure the growth of the plant, three sunflower shoots were selected in the middle of the field to exclude the edge effect. The height of the shoot and the width of the leaf layer were measured with a ruler. To assess the quality indicators on the field, a «Hardi» trailed rod sprayer was used, and strips of water-sensitive paper were attached to the leaves to catch drops. The number of drops was calculated using a magnifying glass, as well as using a technique for evaluating the quality indicators of plant protection machines in accordance with GOST. **Results.** Based on the results of field studies, a graph is constructed that clearly shows the dependence of the growth of the stem and the width of the sunflower leaf layer. The photo evidence of the obtained results of spraying all layers of leaves, stem and back side of the leaf, as well as a photo of applying the solution to the culture directed at an angle of 45° in the field, with drawing the contour of spraying the working solution over the rows of sunflower. The density of the coating droplets sheet plate calculated by the formula, and based on these data, built surface graph of the number of drops falling on the sheet from its location in the structure of the culture. **Discussions and conclusion.** The proposed technology of applying the solution to high-stem crops shows that due to the changeover of rod sprayers in the field, the method of strip chemical treatment of row crops is more effective than continuous spraying. This conclusion allows you to do evaluation of quality indicators, which are obtained by forming a more stable flow of working solution, reduce the vertical vibrations of the rod, as well as visual assessment of dispersion of droplets and the dependences of the density of the coating drops of the solution surface of leaves.

Key words: *sprayer, chemical plant protection, quality of spraying, strip method of chemical treatment, row crops, rod sprayers, sunflower development phases.*

Citation. Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Qualitative indicators of spraying when using the method of strip chemical treatment of sunflower. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2 (62). 338-347 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-35.

Author's contribution. All the authors of this article took part in determining the quality indicators of spraying, evaluating and processing the results. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 632.98 631.348.45

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОПРЫСКИВАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СПОСОБА ПОЛОСОВОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

И. Б. Борисенко^{1,2}, доктор технических наук, старший научный сотрудник

М. В. Мезникова¹, кандидат технических наук, преподаватель

Е. И. Улыбина^{1,3}, соискатель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия,
с. Соленое Займище, Астраханская область, Россия

³Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Себряковский технологический техникум», Волгоградская обл., г. Михайловка, Россия

Дата поступления в редакцию 10.03.2021

Дата принятия к печати 15.05.2021

Актуальность. В данной статье рассматриваются качественные показатели опрыскивания с применением способа полосовой химической обработки подсолнечника с учетом фазы роста и развития растения. Операция химической защиты растений в структуре затрат составляет 20 %. Трудности проведения операции связывают со многими агротехнологическими параметрами. Для того чтобы снизить затраты на проведение операции опрыскивания, необходимо искать новые подходы к нанесению раствора на растение в зависимости от архитектуры строения и фазы развития культуры. Такой подход был найден в качестве новой технологии способа полосовой химической обработки высокостебельных культур. Принцип нанесения раствора на растение заключается в перераспределении раствора с необрабатываемой полосы на растение, так как в фазе развития 6-8 пар листьев подсолнечник имеет достаточно высокий стебель, и сорняки угнетаются культурным растением. Поэтому нет необходимости проводить сплошную обработку химическим раствором междурядья и ряда, где произрастает культурное растение. При этом с развитием подсолнечника на поверхности листовой пластины и обратной стороне листа наблюдаются болезни и бактерии, которые могут приводить к потере урожая. В этой фазе развития подсолнечнику требуется более тщательная обработка с позиции качества опрыскивания, которую не может обеспечить сплошное опрыскивание, так как при вертикальном распылении раствора листья подсолнечника, расположенные по спирали, будут препятствовать вертикальному полету капель и проникновению раствора в стеблестой. Качество обработки при сплошном распылении будет снижаться, а количество затрат из-за проведения повторных обработок – увеличиваться. Поэтому предлагается модернизировать штанговые опрыскиватели с применением инновационных корпусов-делителей, которые легко устанавливаются в полевых условиях и направляют раствор под углом 45° на растение из соседних форсунок. **Материалы и методы.** Замеры фазы роста и развития подсолнечника велись на протяжении с момента посева до уборки урожая культуры. Для замеров роста растения выбиралась три побега подсолнечника в середине поля для исключения краевого эффекта. Высота побега и ширина слоя листьев измерялись линейкой. Для оценки качественных показателей на поле использовался прицепной штанговый опрыскиватель Hardi, а также для улавливания капель на листьях крепились полоски водочувствительной бумаги. Подсчет количества капель произво-

дили с помощью лупы, а также с применением методики для оценки качественных показателей машин для защиты растений в соответствии с ГОСТ. **Результаты.** По результатам полевых исследований построен график, наглядно показывающий зависимость роста стебля и ширины слоя листьев подсолнечника. Приведены фотосвидетельства полученных результатов опрыскивания всех слоев листьев, стебля и обратной стороны листа, а также фотография нанесения раствора на культуру, направленного под углом 45°, в полевых условиях с прочерчиванием контура распыления рабочего раствора над рядами подсолнечника. Густота покрытия капель листовой пластины подсчитана по формуле, и на основании этих данных построен поверхностный график зависимости количества капель, попадающих на лист, от его расположения в строении культуры. **Обсуждение и выводы.** Предложенная технология нанесения раствора на высокостебельные культуры показывает, что за счет переналадки штанговых опрыскивателей в полевых условиях способ полосовой химической обработки пропашных культур более эффективен, чем сплошное опрыскивание. Такой вывод позволяет сделать оценка качественных показателей, которые получаются путем формирования более стабильного потока рабочего раствора, снижения вертикальных колебаний штанги, а также визуальной оценки дисперсности капель и построенной зависимости густоты покрытия каплями раствора поверхности листьев.

Ключевые слова: *опрыскиватели, химическая защита растений, качество опрыскивания растений, полосовой способ химической обработки, пропашные культуры, штанговые опрыскиватели, фазы развития подсолнечника.*

Цитирование. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Качественные показатели опрыскивания при применении способа полосовой химической обработки подсолнечника. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 338-347. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-35.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в определении показателей качества опрыскивания, и работы в поле, оценке и обработки результатов полевых исследований. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Россия занимает лидирующие позиции как страна, активно наращающая рынок сельхозсырья и продовольствия. Эти тенденции, по данным экспертно-аналитического центра Агробизнеса, сохраняются во всех отраслях пищевой промышленности. Связано это с увеличением объема обрабатываемых площадей и внедрением передовых технологий в процесс выращивания культур и их уборки. Подсолнечник в структуре посевных площадей занимает третье место и составляет 10,6 % от всех обрабатываемых земель. Такой интерес к данной культуре сельхозпроизводителей обусловливается высокой ценой, которая зависит от качества получаемой конечной продукции и применения новых технологий, позволяющих сокращать затраты при возделывании культуры [6].

При этом подсолнечник остается очень требовательным растением, которое остро реагирует на правильность выбранных подходов при ее производстве [2]. И несоблюдение всех агротехнологических приемов может приводить к большому проценту потери урожая [9, 10]. Ярким примером значительной доли гибели урожая подсолнечника может быть несоблюдение подходов в проведении операции химической защиты растений или сохранение традиционной химической обработки в качестве сплошного опрыскивания без учета фазы роста и вегетации культуры [5].

Материалы и методы. Для достижения поставленной научной задачи наблюдения за культурой велись на протяжении всего периода вегетации и производились с мая по сентябрь на полях хозяйства «Гелио-Пакс-Агро4» Михайловского района Волгоградской области. В исследованиях применялся сорт подсолнечника «Пионер». Замеры всходов подсолнечника производились с частотой – один раз в две недели. При этом замеры производились в середине поля на трех культурах в разных участках поля. При

этом для узнаваемости всходы подсолнечника, участвующие в исследованиях, помечались яркими флажками. Замеры велись по таким параметрам, как высота стебля, количество листьев на стебле, ширина слоя листьев, длина и ширина листа. Все результаты фиксировались в ведомости, а затем обрабатывались математическим способом с помощью программы Excel. С применением нового способа нанесения раствора на растение были также проанализированы качественные показатели опрыскивания. Оценивались густота и дисперсный состав осевших капель с помощью карточек водочувствительной бумаги, обработанных 3-5 % раствором парафина в толуоле для уменьшения растекания капель. Перед проведением опыта учетные карточки размещались на всех ярусах подсолнечника, в том числе на обратной стороне листа и на стебле, а также в междурядье. На одну сторону штангового опрыскивателя устанавливались форсунки с горизонтальным конусом распыла как для сплошного опрыскивания, а на другую – устанавливались инновационные корпуса-делители с применением полосового способа нанесения раствора на растение. При проходе штангового опрыскивателя число учетных карточек по ширине захвата определяли с учетом расстановки растения в рядке. А именно за один проход оценивалось 9 насаждений подсолнечника сплошного и полосового опрыскивания. Опыт проводили в трехкратной повторности. Сначала оценивался визуальный эффект присутствия капель на полосках водочувствительной бумаги для всех ярусов сплошного и полосового опрыскивания. По результатам делали сравнительный анализ и вывод фиксировали в ведомости. Затем собранные карточки выкладывали на сухой лист бумаги для предотвращения попадания влаги и оценивали густоту покрытия. Карточки распределяли на 5 групп согласно ГОСТ «Машины для защиты растений»: первая группа – необработанные, вторая группа – с густотой менее чем допустимая, третья группа – с густотой допустимой, четвертая группа – с густотой более чем допустимая, пятая группа – залитые карточки.

Классификацию карточек на группы производили по результатам визуального осмотра и лупы. Группы первая и пятая не анализировались. Остальные с помощью лупы просматривали, подсчитывали количество капель и сравнивали с техническим заданием в ГОСТ, оставляя только карточки с допустимой густотой покрытия.

Результаты и обсуждение. Подсолнечник в начальной стадии развития конкурирует с сорняками, которые в 3-5 раз больше потребляют света, влаги, элементов питания. Поэтому в фазе развития 2-3 пар листьев целесообразно проводить сплошное опрыскивание. Но как только растение достигает фазы развития 6-8 пар листьев при сплошном опрыскивании качество обработки будет снижаться [4]. В этой же фазе необходимо учитывать место локализации и развития болезней и вредителей. Как правило, это обратная сторона листа, которая при сплошном опрыскивании не обрабатывается. В результате этого возникает необходимость повторных операций [7]. При этом агрохимической наукой уже доказана губительность таких явлений, которые нарушают процесс развития подсолнечника и снижают урожайность [6, 8]. В данном случае сплошное опрыскивание будет иметь слишком много недостатков при развитии высокостебельных культур, которые неблагоприятно сказываются на качестве обработки растения (рисунок 1).

Поэтому для эффективного использования рабочего раствора и успешной борьбы с сорняками, а также болезнями и вредителями, в том числе используя одновременную обработку обратной стороны листа подсолнечника и стебля, для высокостебельных культур необходимо грамотно перераспределить потоки рабочей жидкости [3, 11]. В результате получаем новый способ нанесения раствора на растение за счет перенаправления потоков раствора из соседних форсунок навстречу друг другу под углом 45°

[1]. Такого эффекта при опрыскивании подсолнечника можно достичь при помощи модернизации серийных штанговых опрыскивателей с щелевыми форсунками 65° и 80° распыла путем установки специальных корпусов-делителей [8, 12]. Инновационные корпуса-делители при работе в поле представлены на рисунке 2.

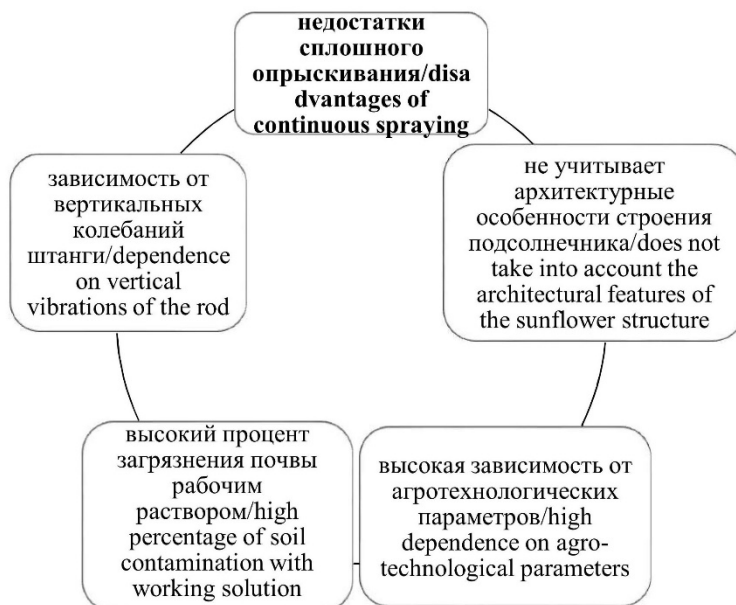


Рисунок 1 – Недостатки сплошного опрыскивания для подсолнечника в фазе развития 6-8 пар листьев

Figure 1 – Disadvantages of continuous spraying for sunflower in the phase of development of 6-8 pairs of leaves



Рисунок 2 – Инновационные корпуса-делители при работе в поле, с распылением потока рабочей жидкости над рядами подсолнечника в фазе развития 5 - 6 пар листьев

Figure 2 – Innovative housing dividers working in the field, with the spray of the working fluid over the rows of sunflower in the development phase of 5-6 pairs of leaves

Новая технология опрыскивания тесно связана с изучением параметров роста подсолнечника, количеством расположения листьев на стебле и шириной яруса листьев. Зависимость архитектурных особенностей подсолнечника от фазы его роста пред-

ставлена на рисунке 3. Это позволяет убедиться, что листья подсолнечника располагаются по спирали, частично перекрывая поверхности друг друга, препятствуя вертикальному полету капель при проведении операции химической защиты [2, 12].

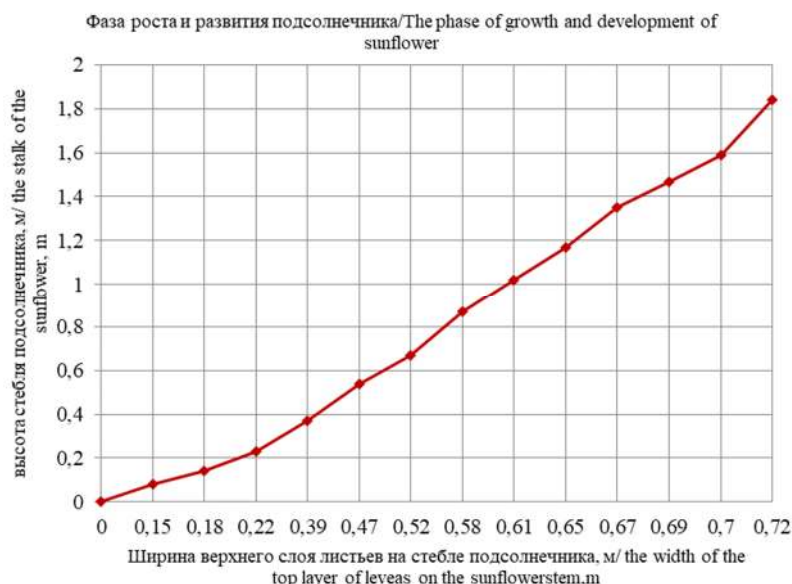


Рисунок 3 – Зависимость архитектурных особенностей подсолнечника от фазы его роста

Figure 3 – Dependence of the architectural features of the sunflower on the phase of its growth

Анализ графика показывает, что при начальной фазе развития кривая графика более пологая. Ширина ярусов листьев находится на одном уровне, но при достижении 0,5-0,6 м кривая растет пропорционально росту стебля и полностью перекрывает слои листьев с шириной 0,15-0,39 м. Следовательно, верхние слои листьев будут препятствовать качественной обработке нижних ярусов раствором.

С применением нового способа нанесения раствора на растение были также проанализированы качественные показатели опрыскивания. Оценивались густота и дисперсный состав осевших капель. На рисунке 4 представлена фотофиксация качественных показателей опрыскивания для полосового способа нанесения раствора после прохода штангового опрыскивателя.

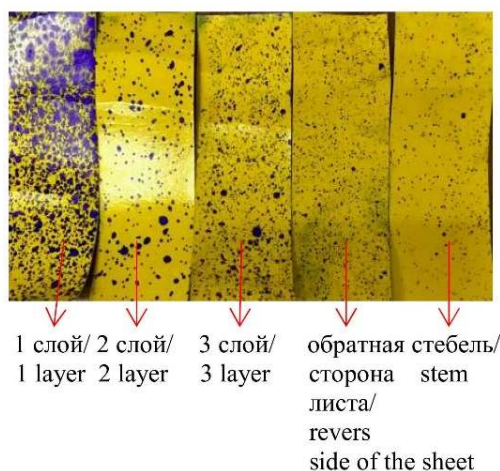


Рисунок 4 – Результаты полосового опрыскивания подсолнечника

Figure 4 – Results of sunflower strip spraying

После визуального осмотра карточек подсчитывалась густота покрытия капель на площади 1 см² по формуле:

$$П_0 = \frac{N_k}{S_n},$$

где N_k – общее число учтенных капель; S_n - исследуемая площадь, см².

Для этого на каждой карточке с помощью лупы подсчитывали количество капель на определенной площади, результаты обрабатывали и заносили в ведомость испытаний. На основании проведенных полевых исследований построили график густоты покрытия листовой пластины каплями раствора на площади 1 см² в зависимости от расположения слоев листьев на стебле (рисунок 5).

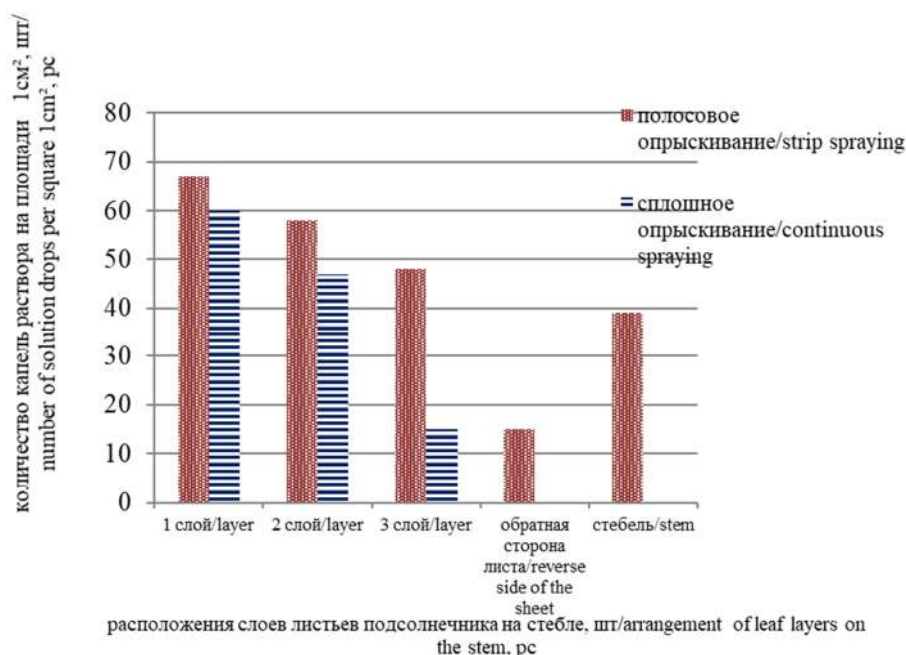


Рисунок 5 – Густота покрытия листовой пластины каплями раствора на площади 1 см² в зависимости от расположения слоев листьев на стебле для сплошного и полосового опрыскивания

Figure 5 – The density of the coating of the leaf plate with drops of solution on an area of 1 cm², depending on the location of the layers of leaves on the stem for continuous and strip spraying

Выводы. Обработка результатов позволяет сделать вывод, что капли наблюдаются по всей поверхности листовой пластины. Они имеют мелкодисперсный, однородный, равномерный характер. Количество капель на листе снижается в зависимости от расположения листа на стебле. Меньшее их количество наблюдается на обратной стороне листа и на стебле, но при этом качество обработки улучшается в общем объеме, так как раствор достигает своей цели, не встречая препятствий на своем пути, как это происходит при сплошной обработке.

Применение метода оценки качества опрыскивания способа полосовой химической обработки растений на примере подсолнечника с использованием тестовых полосок показал преимущества данного способа по сравнению со сплошным опрыскиванием, а установка инновационных корпусов-делителей с ориентированными навстречу друг другу факелами распыла способствует созданию более стабильного потока и повышению качества обработки посевов.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Новые технологии применения опрыскивателя // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 4-5,13.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 1-11.
3. Варфоломеева М. М., Фомина И. В. Из опыта модернизации прицепного штангового опрыскивателя // Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 128-134.
4. Данилов М. В., Абаев В. В. Особенности технологии защиты растений с применением штанговых опрыскивателей и ее недостатки // Вестник научных конференций. 2019. № 3-1(43). С. 46-47.
5. Киреев И. М., Коваль З. М. Результаты моделирования технологического процесса распределения капельной жидкости между распылителями штанговых опрыскивателей // Техника и оборудование для села. 2018. № 12. С. 16-21.
6. Лукомец В. М., Пивень В. Т., Тишков Н. М. Защита подсолнечника от вредителей и болезней // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 14-16.
7. Мамедов З. В. Исследование потерь рабочей жидкости из наконечников при неработающем насосе штанговых опрыскивателей для обоснования применения обратного клапана к каждому // Аграрная наука. 2020. № 2. С. 81-84.
8. Повышение эффективности химической обработки пропашных культур в рамках полосовой технологии / М. В. Мезникова, И. Б. Борисенко, Е. И. Улыбина, О. В. Бояркина // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 453-465.
9. Фомина И. В., Варфоломеева М. М. Современное состояние и тенденции развития техники для химической защиты растений // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 182-189.
10. 5-point program for sustainable plant protection / T. Frische, S. Eherer, Sh. Of. Matesky, K. Pickle, Th. Vogram // Environmental Sciences Europe. 2018. V. 30. No 8. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0136-2>.
11. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.
12. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei1, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.
13. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

Conclusion. Processing the results allows us to conclude that the drops are observed over the entire surface of the sheet plate. They have a fine, uniform, uniform character. The number of drops on the leaf decreases depending on the location of the leaf on the stem. Fewer of them are observed on the reverse side of the leaf and on the stem, but the quality of processing improves in the overall volume, as the solution reaches its goal without encountering obstacles in its path, as it happens with continuous processing. The application of the method for assessing the quality of spraying of the method of strip chemical treatment of plants, for example, sunflower with the use of dough strips, showed the advantages of this method compared to continuous spraying, and the installation of innovative divider housings with spray torches oriented towards each other contributes to the creation of a more stable flow and improving the quality of crop treatment

References

1. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. New technologies for the use of spraying // Rural machine operator. 2019. No. 8. P. 4-5,13.
2. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of technical modernization of sprayers for chemical protection of sunflower // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2020. No. 4 (60). P. 1-11.
3. Varfolomeeva M. M., Fomina I. V. From the experience of modernization of a trailed barbell sprayer // Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural Chemical Support of Agriculture. 2017. No. 11. P. 128-134.
4. Danilov M. V., Abaev V. V. Features of plant protection technology using barbell sprayers and its shortcomings // Bulletin of scientific conferences. 2019. No. 3-1 (43). P. 46-47.
5. Kireev I. M., Koval Z. M. Results of modeling the technological process of distribution of drip liquid between sprayers of rod sprayers // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2018. No. 12. P. 16-21.
6. Lukomets V. M., Piven V. T., Tishkov N. M. Protection of sunflower from pests and diseases // Protection and quarantine of plants. 2017. No. 5. P. 14-16.
7. Mammadov Z. V., Investigation of losses of working fluid from handpieces at a non-working pump of rod sprayers for substantiating the application of a check valve to each // Agrarian Science. 2020. No. 2. P. 81-84.
8. Improving the efficiency of chemical treatment of pro-arable crops within the framework of strip technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, E. I. Ulybina, O. V. Boyarkina // Bulletin RUDN. Series: Agronomy and animal husbandry. 2019. V. 14. No. 4. P. 453-465.
9. Fomina I. V., Varfolomeeva M. M. Current state and trends in the development of technology for chemical plant protection // Problems of mechanization of agrochemical support of agriculture: All-Russian Research Institute for Mechanization and informatization of agrochemical support of agriculture. 2017. № 11. P. 182-189.
10. 5-point program for sustainable plant protection / T. Frische, S. Eherer, Sh. Of. Matesky, K. Pickle, Th. Vogram // Environmental Sciences Europe. 2018. V. 30. No. 8. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0136-2>.
11. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.
12. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.
13. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

Authors information

Borisenko Ivan Borisovich, doctor of technical Sciences, senior researcher, Department of agriculture and Agrochemistry, Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russia, Caspian research Institute of arid agriculture, Salt zaymishche village, Astrakhan region, (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskiy) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, t.+7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42, E-mail: borisenivan@yandex.ru

Meznikova Marina Viktorovna candidate of technical Sciences, teacher, Department of life safety, Volgograd state agrarian University, Volgograd (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskiy), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, t.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Ulybina Ekaterina Ivanovna, teacher GBPOU «Sebryakovsky technological technical» (Russia, 403345, Volgograd region, Mikhaylovka, 146a Communesreet), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-478t>, t.+7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

Информация об авторах:

Борисенко Иван Борисович, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия, Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, с.

Соленое Займище, Астраханская область (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, т. +7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42, E-mail: borisenivan@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, т.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Улыбина Екатерина Ивановна, преподаватель ГБПОУ «Себряковский технологический техникум» (РФ, 403345, Волгоградская обл., г. Михайловка, ул. Коммуны д. 146 а), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-4478> т. +7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-36

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL METHOD FOR PREDICTION WEAR OF CHISEL BITS

D.S. Gapich, V. A. Motorin, R.N. Oleinikov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 30.10.2020

Submitted 25.05.2021

*The research was conducted as a part of the grant
of the President of the Russian Federation MK-2870.2019.8*

Summary

Consider modeling the process of wear of the working parts of chisel plow based on the gradual wear of the working parts: the first stage is associated with the formation of the geometry of the bow that provides minimal resistance when moving the working part to the processed material; the second stage is a translational displacement of the obtained cross-section to ultimate limit state. The equation of the wear curve of the working parts of a chisel plow is obtained.

Abstract

Introduction. The main agricultural tool used in the non-shaft method of processing is chisel plows, which can provide deep loosening of the soil. One of the most heavily loaded parts of the chisel plow are the working parts, since the technical resource of the entire tillage unit depends on them. Premature failure is associated with the process of abrasive wear that occurs when the chisel plow bit interacts with solid soil particles. Reducing the cost of tillage during chiseling and planning the technical resource of agricultural tool parts in real working conditions are topical issues of crop cultivation.

Materials and methods. Two samples of chisel plow chisel were examined. The first sample is made of high-strength cast iron of the HF 50 brand (composition in %: 3.39 C; 0.51 Mn; 2.71 Si; 0.041 S), the second is made of steel 45, hardened according to the mode. The main laboratory and field studies were carried out at the Educational research and production center «Gornaya Polyana», on classic light chestnut (Calcic Kastanozem) soils with a resistivity coefficient of 7-12, a low content of organic residues (humus-1.5-2.5%), and a humidity of 8-10%. Tests of the working parts of the chisel plow were carried out to the limit of wear. The General test conditions on average correspond to the typical relief of the Volgograd region, the type and physical and mechanical properties of the soil and other criteria for the quality of work. Both types of test bits were simultaneously installed on one unit, with the possibility of their distribution across the housings depending on the degree of load, to achieve the most equal working conditions. **Results and conclusions.** To assess the end of the service life of experimental chisels, the maximum wear of the linear size of the bow was used, with a decrease in the linear indicator in this section, the wear was transferred to the rack of the chisel plow, due to which the working part is attached to the frame of the tillage tool. Modeling the wear process of chisel plow bits becomes difficult, since depending on the selected field, and often within the same field, the soil has different physical and mechanical properties and granulometric composition. They differ depending on

the type of soil and the amount of abrasive particles recorded in them, the number of which can vary from 37 to 77 %, as well as the diverse selection of materials currently presented, from which the working parts of chisel plows are made. Experimental studies have shown that, regardless of the material from which chisel bits are made, the patterns of formation of the geometry of wear of working surfaces obey a single logic. The first stage is the formation of the geometry of the nose, the second stage is the translational movement of the resulting section of the cutting part. The maximum technical life of the chisel plow bit is controlled by the linear wear of the section I-I. Knowing the value of the limit wear, at any stage of work and operating time, we determine the linear size of the cross-section I-I and determine the technical resource of the chisel plow bit from the similarity condition.

Key words: *model of wear of rigid parts, cutting tools for soil development, wear of working parts of tillage machines, cast iron with spherical graphite, ledeburite, graphite eutectic.*

Citation. Gapich D. S., Motorin V. A., Oleinikov R. N. Theoretical and experimental method for prediction wear of chisel bits. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 347-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-36.

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 621.785.5

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ДОЛОТ ЧИЗЕЛЯ

Д. С. Гапич, доктор технических наук, доцент

В. А. Моторин, кандидат технических наук, доцент

Р. Н. Олейников, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 30.10.2020

Дата принятия к печати 25.05.2021

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2870.2019.8.

Актуальность. Главным сельскохозяйственным орудием, использующимся при безотвальном способе обработки, являются чизельные плуги, способные обеспечить глубокое рыхление почвы. Наиболее тяжело нагруженными деталями чизельного плуга являются рабочие органы, так как технический ресурс всего почвообрабатывающего агрегата зависит именно от них. Преждевременный отказ связан с процессом абразивного износа, происходящего при взаимодействии долат чизельного плуга с твердыми частицами почвы. Снижение себестоимости обработки почвы при чизелевании и вопросы планирования технического ресурса деталей сельскохозяйственного орудия в реальных условиях работы являются актуальными вопросами возделывания культур. **Материалы и методы.** Исследовались два образца долат чизельного плуга. Первый образец изготовлен из высокопрочного чугуна марки ВЧ 50 (состав в %: 3,39 С; 0,51 Мн; 2,71 Si; 0,041 S), второй – из стали 45, закаленной по режиму. Проведение основных лабораторно-полевых исследований осуществлялось в УНЦП «Горная Поляна» на классических светло-каштановых (*Calcic Kastanozem*) почвах, имеющих коэффициент удельного сопротивления 7-12, низкое содержание органических остатков (гумус – 1,5-2,5 %), влажность – 8-10 %. Испытания рабочих органов чизельного плуга проводились до предельного износа. Общие условия проведения испытаний по типу и физико-механическим свойствам почвы и другим критериям качества работы в среднем соответствуют типовому рельефу Волгоградской области. Оба вида испытуемых долат были одновременно установлены на один агрегат с возможностью их распределения по корпусам в зависимости от степени нагрузки для достижения наиболее равных условий работы. **Результаты и выводы.** Экспериментальные исследования показали, независимо от материала, из которого изготовлены долота чизельных орудий, картины формирования геометрии износа рабочих поверхностей подчиняются единой логике. Первый этап – формирование геометрии носовой части, второй этап – поступательное перемещение полученного сечения режущей части. Предельный технический ресурс долота чизельного плуга

контролируется линейным износом сечения I-I. Зная значение предельного износа, на любом этапе работ и наработке определяем линейный размер сечения I-I и из условия подобия определяем технический ресурс долота чизельного плуга.

Ключевые слова: модель изнашивания жёстких тел, режущие инструменты для разработки грунтов, износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, ледобурит, графитовая эвтектика.

Цитирование. Гапич Д. С., Моторин В. А., Олейников Р. Н. Теоретико-экспериментальный способ прогнозирования износа долот чизеля. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 347-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-36.

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 борьбе с ветровой эрозией почв лучшим видом обработки почвы является безотвальная обработка. Данная обработка внедрена во многих регионах России, результаты доказали свою эффективность. Урожайность сельскохозяйственных культур повышается на 2-3 ц с одного гектара в сравнении с использованием отвальной обработки. Основным средством реализации безотвального способа обработки почвы является чизельный плуг, который способен рыхлить почву до 1,2 м [1, 2, 9, 13, 14]. Однако рыхление на таких глубинах создает тяжелые режимы работы для деталей чизельного плуга в целом, и в частности рабочих органов (долот), которые и определяют технический ресурс всего почвообрабатывающего агрегата [3-5, 7, 8, 10, 11]. Отказ наступает в связи с процессом микроцарапания твердыми частицами почвы, которые жестко закреплены в матрице, и их твердость, по Виккерсу, достигает 8-11 ГПа [6, 12, 15].

Значительное увеличение себестоимости обработки почвы при чизелевании и обострение актуальных вопросов планирования технического ресурса деталей сельскохозяйственного орудия в реальных условиях работы являются следствием частой замены долот чизельного плуга, затрат человеко-часов трудозатрат на восстановление работоспособности агрегата в полевых условиях, повышенных расходов горюче-смазочных материалов из-за возрастания сопротивления на крюке при затуплении лезвийной части.

Цель работы – смоделировать износ рабочих органов чизельного плуга с прогнозированием ресурса.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись два образца долот чизельного плуга. Первый образец изготовлен из высокопрочного чугуна марки ВЧ 50 (состав в %: 3,38 С; 0,52 Мн; 2,71 Si; 0,042 S), второй – из стали 45, закаленной по режиму. Режимы термообработки долот чизельного плуга приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы термической обработки экспериментальных образцов долот чизельного плуга

Table 1 – Materials of experimental samples of working bodies and their heat treatment modes

Режимы термообработки / Modes of heat treatment	
Материал / Material	Режим термообработки / Heat treatment mode
№ 1. Чугун ВЧ50 No. 1. Cast iron VCH50	Воздействие электрической дуги неплавящимся электродом с оплавлением поверхности / Exposure to an electric arc by a non-melting electrode with surface reflow
№ 2. Сталь 45 No. 2. Steel 45	Температура нормализация $t = 880\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 2$ час., с охлаждением на открытом воздухе / Temperature normalization $t = 880\text{ }^{\circ}\text{C}$ for $\tau = 2$ hours, with outdoor cooling

Поверхностно упрочненный слой в виде отбеленного ледобурита, который получен на чугунах в образце № 1 имеет микротвердость $H_{50} = 10105 \pm 1403$ МПа.

Наиболее распространенная при изготовлении рабочих органов чизельных орудий марка сталь 45 в образце № 2 имеет характерную для закаленного состояния твердость – HB 560 $\pm$ 2,1.

Проведение основных лабораторно-полевых исследований осуществлялось в УНЦП «Горная Поляна» на классических светло-каштановых (*Calcic Kastanozem*) почвах, имеющих коэффициент удельного сопротивления 7-12, низкое содержание органических остатков (гумус – 1,5-2,5 %), влажность – 8-10 %. Испытания рабочих органов чизельного плуга проводились до предельного износа (рисунок 1). Общие условия проведения испытаний по типу и физико-механическим свойствам почвы и другим критериям качества работы в среднем соответствуют типовому рельефу Волгоградской области.



Рисунок 1 – Процесс замера линейных размеров износа долот чизельного плуга по сечениям

Figure 1 – the process of measuring the linear wear dimensions of chisel plow bits by cross-sections

Для достижения наиболее качественных результатов испытаний необходимо обеспечить эксплуатацию опытных серийных и экспериментальных лемехов при максимально возможных равных условиях. Оптимальным решением данной задачи является одновременная установка обоих видов испытуемых долот на один агрегат с возможностью их распределения по корпусам в зависимости от степени нагрузки для достижения наиболее равных условий работы.

В результате проведения полевых испытаний измерялись линейные размеры по контрольным сечениям, расположенным на долоте чизельного плуга в сечении носка вдоль вертикальной оси, а также по ширине (рисунок 2). Ежедневно в конце смены записывались размеры по каждому контрольному сечению, взвешивались образцы.

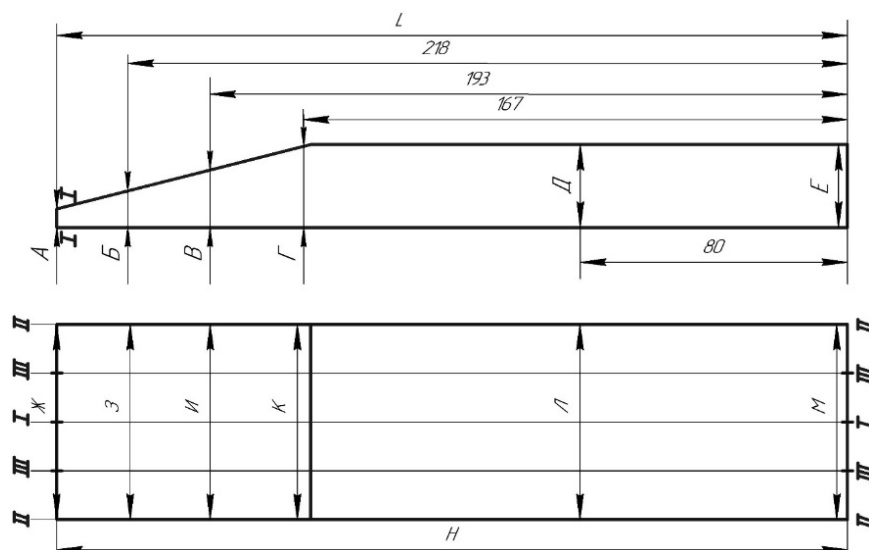


Figure 2 – location of the control sections of the bit

Figure 3 – The process of development of bit wear: $Lnpe\delta$ -limit wear, 1-the course of the first stage of wear, 2-the course of the second stage of wear, I-I, II-II-control sections

351

став. Разнятся в зависимости от типа почв и количество зафиксированных в них абразивных частиц, число которых может меняться от 37 до 77 %, а также разнообразным выбором представленных на данный момент материалов, из которых изготавливаются рабочие органы чизельных плугов.

Предложено в нашей задаче отбросить количественную сторону (она нам неизвестна) и решать её качественно: обосновать критерий формирования геометрической формы рабочей поверхности органа при взаимодействии с почвой, не рассматривая с количественной стороны величину износа. В этом случае мы сможем сделать допущения, существенно упрощающие объект исследования.

Износ долота предложено разделить на два этапа: на первом этапе формируется геометрия носовой части долота, обеспечивающая наименьшие затраты энергии на перемещение долота чизельного плуга в почве; на втором этапе происходит перемещение полученной геометрической фигуры острия долота параллельно продольной оси долота до полного износа (рисунок 3).

Частица почвы способна перемещаться по поверхности с минимальными затратами энергии, если нормальная реакция такой поверхности стремится к нулю с постоянной силой R из точки A в B , не учитывая массу (рисунок 4).

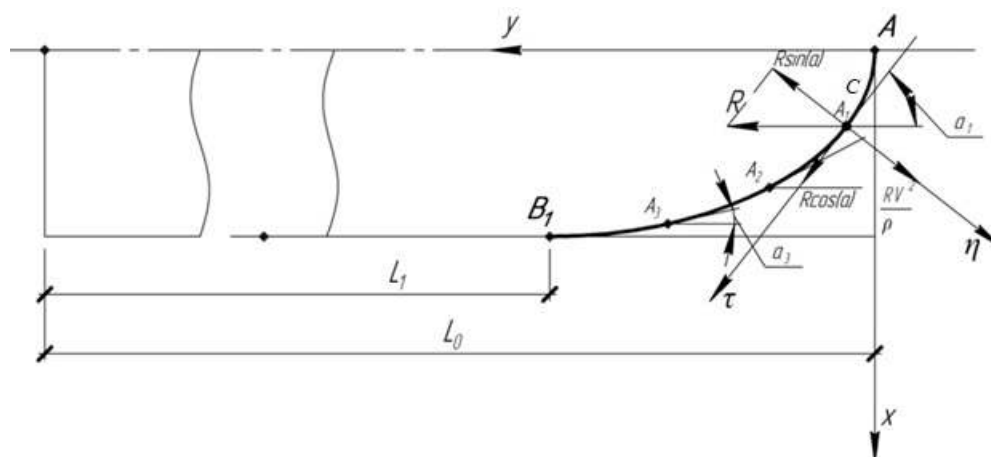


Рисунок 4 – Силы, возникающие при перемещении частицы почвы по параболической поверхности лезвия долота

Figure 4 – Forces that occur when a soil particle moves along the parabolic surface of the chisel blade

Предположим, что частица находится в точке C в момент $t=t_1$. Тогда уравнение движения в проекциях на ось τ и n примет вид:

$$\frac{dv}{dt} = R \cos \alpha \quad (1)$$

$$N = 0 = R \sin \alpha - R \frac{v^2}{\rho} = \sin \alpha - \frac{v^2}{\rho} \geq 0 \quad (2)$$

Сделаем анализ первого уравнения, приняв во внимание, что:

$$\cos \alpha = \frac{dy}{ds},$$

где S – расстояние от начального положения до точки C , получим:

$$\frac{dv}{dt} = R \frac{dy}{ds} \quad (3)$$

Разделив, имеем:

$$\frac{dv ds}{dt} = R ds.$$

Приняв $\frac{ds}{dt} = v$, имеем:

$$v dv = R dy.$$

Проинтегрируем обе части:

$$\int_{v_0}^v v dv = R \int_0^y dy,$$

начальные условия: при $t=0$; $v=v_0$; $y=y_0$, имеем:

$$v^2 = 2 Ry + v_0^2 - 2 R y_0,$$

или

$$v^2 = v_0^2 + 2 R (y - y_0). \quad (4)$$

Второе уравнение:

$$v^2 = \rho \sin \alpha,$$

принимая во внимание, что $\sin \alpha = \frac{dx}{ds}$, имеем:

$$v^2 = \rho \frac{dx}{ds}. \quad (5)$$

Радиус кривизны траектории ρ представим как:

$$\rho = \frac{ds}{d\alpha},$$

с этим учетом выражение 5 имеет вид:

$$v^2 = \frac{ds}{d\alpha} \cdot \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{d\alpha}.$$

После некоторых преобразований получим:

$$y = ax^2 - bx + c. \quad (6)$$

Таким образом, искомая траектория движения частицы почвы по поверхности режущей части долота представляет собой параболу.

Износ реальных образцов (рисунок 5) доказывает теоретический расчет траектории, формирование параболы в носовой части происходит с концов лезвия образца, при этом вершиной параболы является продольная ось симметрии долота чизельного плуга, что нашло подтверждение в расчетных зависимостях.



Рисунок 5 – Формирование носовой части долот чизельного плуга: первый слева – в состоянии после отливки, ВЧ 50; второй – наработка 100 га ВЧ 50 (первый этап износа); третий слева – наработка 30 га, Сталь 45 (второй этап износа)

Figure 5 – Formation of the nose of the chisel chisel plow: the first on the left in the state after casting, RF 50, the second – time 100 ha HF 50 (the first stage of wear); the third left – accumulation of 30 hectares, 45 Steel (second stage wear)

Выводы. Экспериментальные исследования показали, что независимо от материала, из которого изготовлены долота чизельных орудий, картины формирования геометрии износа рабочих поверхностей подчиняются единой логике. Первый этап – формирование геометрии носовой части, второй этап – поступательное перемещение полученного сечения режущей части. Предельный технический ресурс долота чизельного плуга контролируется линейным износом сечения $I-I$. Зная значение предельного износа, на любом этапе работ и наработке определяем линейный размер сечения $I-I$ и из условия подобия определяем технический ресурс долота чизельного плуга.

Библиографический список

1. Дорошенко В. С., Гнатуш В. А. Мировой рынок литья чугуна с шаровидным графитом. Состояние и перспективы развития // Вестник арматуростроителя. 2017. № 5. С. 112-119.
2. Костылева Л. В., Гапич Д. С., Моторин В. А. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2. С. 221-228.
3. Сильман Г. И., Макаренко К. В., Зенцова Е. А. Бейнитный высокопрочный чугун с шаровидным графитом // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 4. С. 3-8.
4. Формирование износостойких зонально-распределенных структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 269-276.
5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // Metals. 2020. V. 10(6). P. 1-19.

6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // *Materials Science and Engineering* . 2015. V. 626. P. 237-246.
7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // *International Journal of Metalcasting*. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // *Materials Characterization*. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // *Materials*. 2020. V. 13 (5). P. 1174.
11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension–compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // *Acta Materialia*. 2020. V. 196. P. 584-594.
12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // *Optics and Laser Technology*. 2019. V. 111. P. 781-788.
13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // *International Journal of Fatigue*. 2020. V. 139. P. 105701.
14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // *Metal Science and Heat Treatment*. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.
15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li, Q. Guan, J. Cai, P. Lv, Y. Jin // *Materials Research Express*. 2018. V. 5. I. 6. No. 066518.

Conclusions. The working capacity of the plow body is determined by the amount of wear on the plowshare. this value has a significant impact on the energy and quality indicators of the plow unit. A promising technology for manufacturing plowshares is their casting from high-strength metal, with hardening of the cutting edge of the plowshare with a material from high-alloy alloys. The alloyed layer of the ploughshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which allows you to increase the product life. The resource of experimental ploughshares is almost three times higher than the resource of its serial counterpart and is 12 hectares of operating time per case, while the same indicator for a serial ploughshare is only 4.7 hectares.

References

1. Doroshenko V. S., Gnatush V. A. World market for nodular cast iron. State and development prospects // *Bulletin of the valve-constructor*. 2017. No. 5. P. 112-119.
2. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Motorin V. A. Complex influence of the chemical composition of cast iron on the structure of the bleached layer of a chisel plow chisel // *News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2016. No. 2. P. 221-228.
3. Silman G. I., Makarenko K. V., Zentsova E. A. Beinitny high-strength cast iron with spherical graphite // *Metallurgy and heat treatment of metals*. 2013. No. 4. P. 3-8.
4. Formation of wear-resistant zonal-distributed structures of details of tools for soil treatment from high-strength cast iron / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka I vyshe vocational education*. 2018. No. 4. P. 269-276.

5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // *Metals*. 2020. V. 10(6). I. 795. P. 1-19.
6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // *Materials Science and Engineering* . 2015. V. 626. P. 237-246.
7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // *International Journal of Metalcasting*. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADi) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // *Materials Characterization*. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // *Materials*. 2020. V. 13 (5). P. 1174.
11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension–compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // *Acta Materialia*. 2020. V. 196. P. 584-594.
12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // *Optics and Laser Technology*. 2019. V. 111. P. 781-788.
13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szymka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // *International Journal of Fatigue*. 2020. V. 139. P. 105701.
14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // *Metal Science and Heat Treatment*. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.
15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li, Q. Guan, J. Cai, P. Lv, Y. Jin // *Materials Research Express*. 2018. V. 5. I. 6. No. 066518.

Authors Information

Gapich Dmitry Sergeevich, head of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Associate Professor, e-mail: gds-08@mail.ru.

Motorin Vadim Andreevich, associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: vmotorin001@yandex.ru.

Oleynikov Roman Nikolaevich, post-graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

Информация об авторах

Гапич Дмитрий Сергеевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, доцент, e-mail: gds-08@mail.ru.

Моторин Вадим Андреевич, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vmotorin001@yandex.ru

Олейников Роман Николаевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26). e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AND SATELLITE IMAGES FOR ANALYSIS OF AGROLANDSCAPES

E.A. Ivantsova, I.A. Komarova

Volgograd State University, Volgograd

Received 15.02.2021

Submitted 15.05.2021

Abstract

Introduction. The relevance is due to the fact that the analysis of the state of agricultural landscapes as a whole and their components is currently carried out based on the results of decoding high-resolution satellite images of different times. Since the image in the satellite image reflects the state of the underlying territory at the time of shooting, and a number of subsequent images reflect its changes, such an analysis will be spatio-temporal. At the same time, the study of changes in the parameters of the raster provides identification of the spatial dynamics of degradation and desertification of territories. **Materials and methods.** Geoinformation technologies are a modern tool for determining and mapping the state of land, which makes it possible to ensure the rational use of resources for 71 agricultural production. The development of geoinformation analysis technologies is characterized by the automation of all stages of the development of cartographic models, an increase in the quality of mapping, and the objectivity of monitoring the reliability of the results. **Results and Conclusions.** The study of the dynamics of changes in the state of agricultural landscapes using regression equations has certain assumptions, and their use for forecasting is based on the result of a probabilistic mathematical description of the dynamics of landscape areas. The forecast is made taking into account the operating conditions, that is, the climate and anthropogenic impact. Taking into account the criteria of degradation proposed by B. V. Vinogradov (norm, risk, crisis and calamity), indicators of the state of agricultural landscapes are established. In this regard, the analysis of agricultural landscapes provides up-to-date information on the state of land in modern conditions, and the development of thematic cartography, provided by the use of geoinformation systems and modern remote sensing data, reduces material, labor and time costs and increases the accuracy and reliability of cartographic material.

Key words: *geoinformation technologies, space images, decoding, state, degradation analysis, agricultural landscape.*

Citation. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Use of geoinformation technologies and satellite images for the analysis of agrolandscapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 357-366 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-37.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 633.2(58.02)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ АНАЛИЗА АГРОЛАНДШАФТОВ

Е.А. Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук

И.А. Комарова, аспирант

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.02.2021

Дата принятия к печати 15.05.2021

Актуальность. Актуальность обусловлена тем, что анализ состояния агроландшафтов в целом и их компонентов в настоящее время проводится по результатам дешифрирования разновременных космоснимков высокого разрешения. Так как изображение на космоснимке отражает состояние подстилающей территории на момент съемки, а ряд последующих снимков от-

ражает его изменения, то такой анализ будет являться пространственно-временным. При этом исследования изменения параметров растра обеспечивает выявление пространственной динамики деградации и опустынивания территорий. **Материалы и методы.** Геоинформационные технологии – это современный инструмент выявления и картографирования состояния земель, что позволяет обеспечить рациональное использование ресурсов производства сельскохозяйственной продукции. Развитие технологий геоинформационного анализа характеризуется автоматизацией всех стадий разработки картографических моделей, повышением качества картографирования, объективностью контроля достоверности результатов. **Результаты и выводы.** Изучение динамики процессов изменения состояния агроландшафтов с использованием уравнений регрессии имеет определенные допущения, и использование их для прогноза основывается на результате вероятностного математического описания динамики ландшафтных участков. Прогноз осуществляется с учетом условий функционирования, то есть климата и антропогенного воздействия. С учетом предложенных Б. В. Виноградовым критериев деградации (норма, риск, кризис и бедствие) устанавливаются показатели состояния агроландшафтов. В связи с этим анализ агроландшафтов обеспечивает получение актуальной информации о состоянии земель в современных условиях, а использование геоинформационной тематической картографии и актуальных пространственных данных дистанционной съемки уменьшает финансовые расходы, повышает уровень надежности разработанных карт.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, космические снимки, дешифрирование снимков, анализ агроландшафтов.

Цитирование. Иванцова Е.А., Комарова И.А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 357-366. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-37.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Использование современных геоинформационных технологий и данных дистанционной съемки для оценки и картографирования состояния и лесомелиоративного обустройства агроландшафтов Сарпинской низменности являются современным методом исследований, дающим возможность проводить анализ пространственных данных и интерпретировать эти данные в аналитические карты [3-7, 9, 11, 13]. Такие технологии обеспечивают получение пространственных данных об агроландшафтах в дистанционном режиме, а также изучение и регулярное обновление таких данных. В результате обработки данных определяются необходимые для анализа параметры, которые определяют характеристики ландшафтов и критерии для его оценки. В качестве источников пространственной информации используются спектрально-космические снимки, которые в цифровом виде содержат растровое изображение в определенном диапазоне спектра.

Выбор источника пространственной информации связан с задачей исследований и осуществляется по пространственному разрешению растра. В свободном доступе можно получить спектрально-растровые снимки ландшафтов со спутников Sentinel 2, Landsat 7, 8, содержащие актуальную пространственную информацию. На основе полученных растров разрабатываются как обзорные космокарты агроландшафтов, так и тематические карты.

Материалы и методы. Состояние пахотных земель оценивают по спектрально-космическим снимкам с использованием геоинформационных программ и их инструментов анализа изображения [1, 2, 4, 8, 10]. Для выявления макроструктуры полей используются крупномасштабные космокарты, которые создаются на основе космичес-

ков высокого разрешения (0,4-1,0 м). При этом границы полей определяются границами, обозначенными полевыми дорогами, защитными лесными насаждениями или севооборотом. Структура полей по использованию устанавливается по данным Росреестра.

Методика геоинформационного исследования агроландшафтов в агролесоландшафтах заключается в проведении космосъемки территории с получением космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения, с использованием космоснимков создается космокартаагролесоландшафта при помощи геоинформационного программного комплекса (например, QGIS3.10) [12, 14, 15]. В среде ГИС на космокарте векторными контурами выделяется макроструктура полей, определяется общее количество полей, их топология и выявляются защищенные лесными насаждениями и незащищенные поля. При этом устанавливаются площадь, размеры и конфигурация полей, создается картографический слой «цифровая модель рельефа» с использованием глобальных ЦМР (например, SRTM 1), определяются геоморфологические характеристики исследуемых полей. Далее проводится анализ структуры и состояния верхнего почвенного слоя, выделяются контурами участки по уровням суммарной деградации. В итоге создается векторный слой распределения пашни по потенциальной продуктивности.

Результаты и обсуждение. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов на тестовом полигоне «Низовый», расположенном на территории Приергенинского ландшафтного района, позволило выявить структуру и характеристики сельскохозяйственных угодий.

Ландшафт представляет переходную зону от Ергенинской возвышенности к Сарпинской ложбине, на которой сформировались комплексы светло-каштановых почв с луговыми и лугово-каштановыми почвами. Координаты центра полигона 46° 55' с.ш., 44° 44' в.д.

На тестовом полигоне проведен геоморфологический анализ территории и составлена карта распределения высот по диапазонам 2 м. В таблице 1 приведены основные характеристики полигона. Анализ распределения высот позволил установить (рисунок 1), что 68,2 % площади полигона исследований расположено в диапазоне высот от 5 до 11 м над у.м.

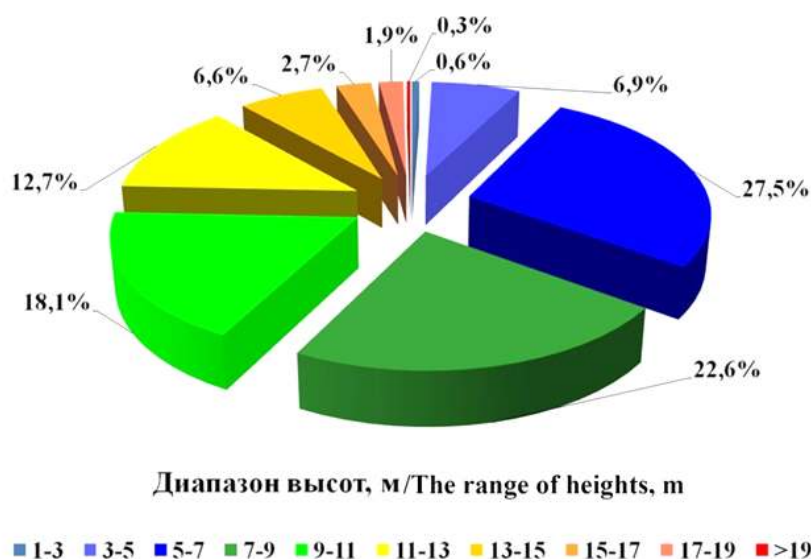


Рисунок 1 – Распределение высот по площади на тестовом полигоне «Низовый»

Figure 1 – Distribution of heights over the area on the test site «Nizovy»

Таблица 1 – Основные характеристики темтового полигона «Низовый»

Table 1 – Main characteristics of the «Nizovy» polygon

Название / Name	Низовый
Выделение / Selection	полигон
Площадь полигона, га / Area of a polygon, ha	3268,3
Высота рельефа над у.м., средняя, м / height above sea level, average, m	8,8
Крутизна склона, средняя ° / slope, average, °	0,6
Высота рельефа над у.м., минимальная, м / Minimum Height above y, m, m	2,0
Высота рельефа над у.м., максимальная, м / height above sea level, maximum, m	20
Стандартное отклонение высоты, м / Standard deviation of height, m	3,4
Крутизна склона, максимальная ° / Slope, maximum, °	18,8
Стандартное отклонение крутизны склона, ° / Standard deviation of slope, °	0,7
Основная экспозиция склона, румб (°) / The main exposition of the slope, rumb (°)	Е (72°)
Периметр, м / Perimeter of a polygon, m	32882,3

Для изучения полигона «Низовый» была составлена космокарта на основе космоснимка сверхвысокого разрешения спутника Ikonos 2009 г. (рисунок 2).

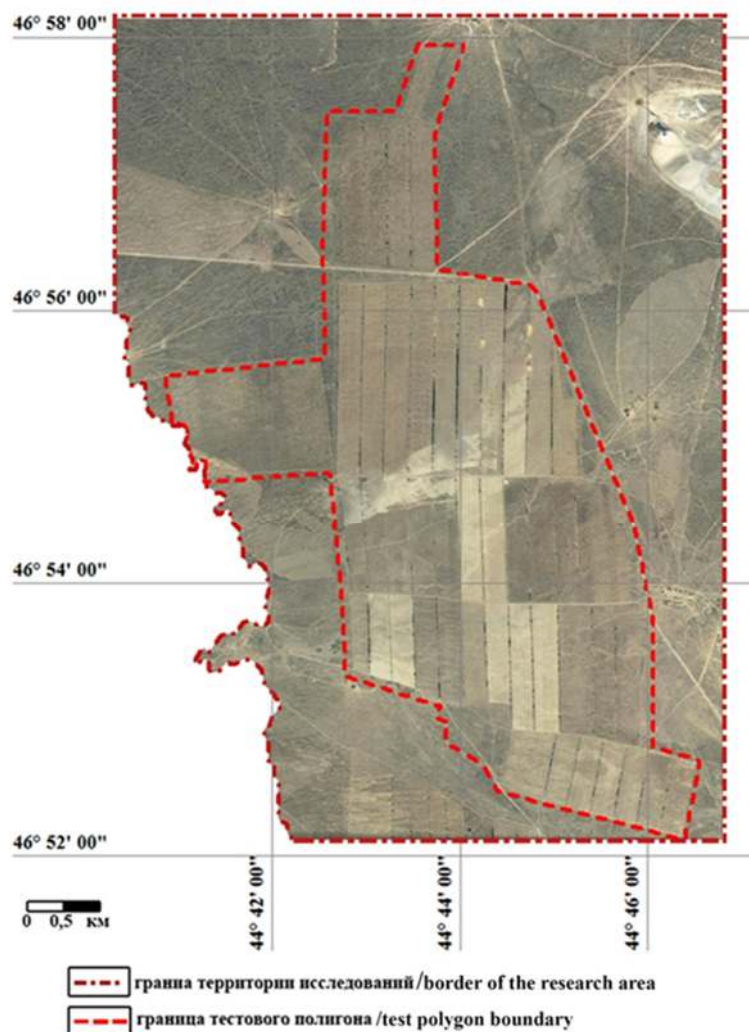


Рисунок 2 – Космокарта тестового полигона «Низовый»

Figure 2 – Space map of the test site «Nizovy»

Карта размещения полей представлена на рисунке 3. Всего выделено на полигоне 46 полей общей площадью 2457 га.

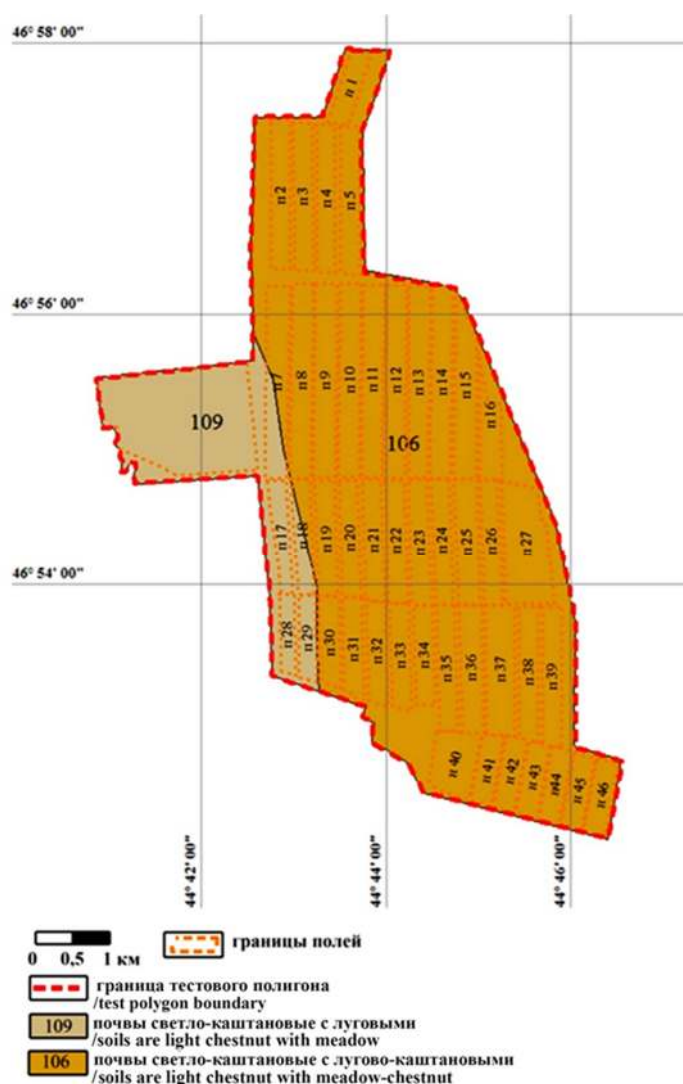


Рисунок 3 – Карта полей и почвенных контуров тестового полигона «Низовый»

Figure 3 – Map of fields and soil contours of the test polygon «Nizovy»

Характеристики полей тестового полигона приведены в таблице 2. Разработанная векторная почвенная карта полигона «Низовый» позволила установить принадлежность полей к определенным типам почв и определить характеристики почвенных контуров.

На полигоне присутствуют 2 контура, включающих 2 типа почв (рисунок 3). Характеристики контуров показаны в таблице 3. Территория активно использовалась для выращивания сельскохозяйственной продукции.

Однако анализ изменений пахотных площадей, осуществленный на основе геоинформационных технологий, позволил установить прекращение деятельности на рассматриваемой территории после 2009 г. (рисунок 4).

Анализ космоснимков рассматриваемой территории, снятых в период 1985-2016 гг., дал возможность выявить активное использование земель до 2000 года. Уже в 2000 году отмечено уменьшение использования площади пашни на 70 %. На тестовом поли-

гоне ранее была проведена лесомелиорация агроландшафтов. Геоинформационный анализ космоснимков показал, что было высажено 46 полезащитных лесных полос и 1 лесной массив. В настоящее время общая сохранность всех насаждений не превышает 10%. Полезащитные лесные насаждения практически все выпали и не выполняют защитных функций. Лесной массив сохранился фрагментарно, распавшись на небольшие группы и отдельные деревья.

Таблица 2 – Характеристики полей тестового полигона

Table 2 – Characteristics of the fields of the test site

Наименование / Name	Площадь, га / Area, ha	Средняя крутизна склона, ° / Average slope steepness, °	Стандартное отклонение крутизны склона, ° / Standard deviation of slope steepness, °	Наименование / Name	Площадь, га / Area, ha	Средняя крутизна склона, ° / Average slope steepness, °	Стандартное отклонение крутизны склона, ° / Standard deviation of slope steepness, °
п1	27,0	0,4	0,2	п24	43,3	0,7	0,3
п2	54,5	0,6	0,3	п25	55,7	0,6	0,3
п3	55,0	0,6	0,3	п26	43,9	0,7	0,3
п4	52,5	0,6	0,2	п27	99,4	0,6	0,3
п5	56,7	0,5	0,2	п28	22,3	0,6	0,2
п6	266,4	0,7	1,4	п29	28,4	0,5	0,2
п7	78,7	0,5	0,2	п30	34,2	0,5	0,2
п8	73,2	0,6	0,2	п31	37,4	0,5	0,2
п9	76,0	0,5	0,2	п32	39,3	0,6	0,3
п10	69,9	0,5	0,2	п33	38,3	0,5	0,2
п11	69,8	0,6	0,3	п34	37,6	0,5	0,2
п12	71,5	0,7	0,2	п35	44,5	0,6	0,2
п13	68,5	0,6	0,3	п36	54,0	0,6	0,2
п14	68,8	0,6	0,3	п37	70,5	0,6	0,2
п15	65,3	0,6	0,2	п38	50,3	0,5	0,2
п16	36,7	0,6	0,3	п39	52,4	0,5	0,2
п17	34,6	0,5	0,2	п40	47,5	0,4	0,2
п18	40,4	0,5	0,3	п41	27,1	0,4	0,1
п19	44,8	0,6	0,2	п42	27,4	0,4	0,2
п20	42,9	0,6	0,2	п43	27,9	0,4	0,2
п21	44,3	0,5	0,2	п44	27,2	0,5	0,2
п22	46,7	0,6	0,2	п45	28,2	0,4	0,2
п23	46,9	0,5	0,2	п46	28,9	0,5	0,2

Таблица 3 – Характеристики почвенных контуров полигона «Низовый»

Table 3 – Characteristics of the soil contours of the «Nizovy» polygon

Контур / Polygon	Тип почвы / Soil type	Площадь контура, га / Polygon area, ha	Периметр, м / Perimeter, m
106	Светло-каштановые с лугово-каштановыми	2745,6	28104,3
109	Светло-каштановые с луговыми	526,3	14788,4

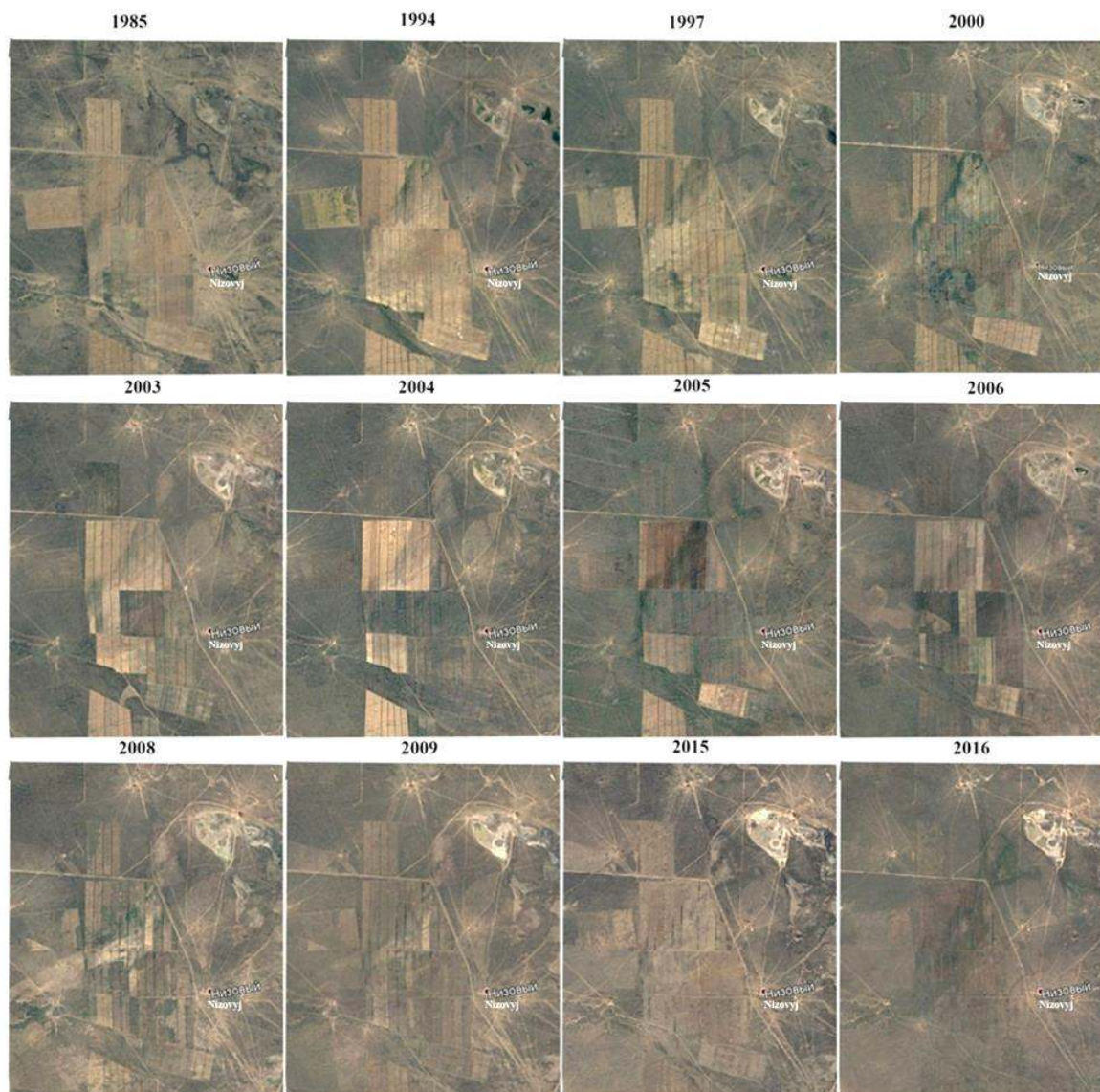


Рисунок 4 – Космоснимки, отражающие изменение использования земель тестового полигона «Низовый» в период с 1985 по 2016 г.

Figure 4 – Satellite images reflecting the change in land use at the «Nizovy» test site in the period from 1985 to 2016.

Выводы. Использование актуальных геоинформационных технологий и дистанционных снимков поверхности для оценки и картографирования состояния и лесомелиоративного обустройства агроландшафтов Сарпинской низменности позволили провести анализ полученных пространственных данных и разработать аналитические карты. При геоинформационном анализе агроландшафта на тестовом полигоне «Низовый» установлены геоморфологические характеристики территории, уточнены почвенные условия, с привязкой к конкретным полям, выявлены характеристики, комплексно отражающие состояние агроландшафта. Результаты, полученные в ходе исследования, показали динамику уменьшения количества участков обрабатываемой пашни и обрабатываемых площадей, установлено, что сокращение началось с 2000 года и к 2009 году практически вся пашня перестала обрабатываться. При агролесомелиоративном обустройстве территории было высажено 46 полезащитных лесных полос и 1 лесной

массив. В настоящее время полезащитные лесные насаждения выпали, их сохранность не превышает 10% и они не выполняют защитных функций. Лесной массив распался на небольшие группы и отдельные деревья. В целом использование сельскохозяйственных угодий для выращивания культур прекращено.

Библиографический список

1. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, К. Б. Мушаева, А. В. Кошелев, З. П. Дорохина, О. Ю. Березовикова. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
2. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 115-122.
3. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юфев, Н. А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2. С. 16-24.
4. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России / В. В. Новочадов, А. С. Рулев, В. Г. Юфев, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 151-158.
5. Иванцова Е. А., Комарова И. В. Современное состояние ландшафтов Сарпинской низменности // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество: материалы V международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 54-57.
6. Комарова И. А., Иванцова Е. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 7-12.
7. Кравцова В. И. Космические методы исследования почв. М: Аспект Пресс, 2005. 190 с.
8. 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.
9. Рулев А. С., Юфев В. Г. Прогнозирование изменений состояния ландшафтов в переходных природных зонах // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием: труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 67. Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН. "АЛЕФ", 2016. С. 234-238.
10. Шинкаренко С. С., Бодрова В. Н., Сидорова Н. В. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1. С. 96-105.
11. Application of Remote Sensing Techniques to Discriminate the Effect of Different Soil Management Treatments over Rainfed Vineyards in Chianti Terroir./A. S. Puig, D. Antichi, D. R. Warren, G. Rallo // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):716. P. 1-25.
12. Canopy Top, Height and Photosynthetic Pigment Estimation Using Parrot Sequoia Multi-spectral Imagery and the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / V. Kopačková-Strnadová [et al.] // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):705. P. 1-27.
13. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. № 65. P. 195-202.
14. Sumfleth K., Duttman R. Prediction of soil property distribution in paddy soil landscapes using terrain data and satellite information as indicators // Ecol. Indic. 2008. V. 8. No 5. P. 485-501.
15. The use of remote sensing in soiland terrain mapping – A review / V. L. Mulder [et al.] // Geoderma. 2011. V. 162. No 1-2. P. 1-19.

Conclusion. The use of modern geoinformation technologies and satellite images for assessing and mapping the state and forest reclamation of agricultural landscapes in the Sarpinskaya lowland made it possible to analyze the spatial data obtained and develop analyt-

ical maps. Geoinformation analysis of the agrolandscape at the Nizovy test site established the geomorphological characteristics of the territory, clarified the soil conditions, with reference to specific fields, revealed characteristics that comprehensively reflect the state of the agrolandscape. The studies made it possible to determine the dynamics of the reduction of sown areas, it was found that the reduction of such areas began in 2000 and by 2009, almost all arable land had ceased to be cultivated. During agroforestry development of the territory, 46 field-protective forest belts and 1 forest area were planted. Currently, field-protective forest plantations have fallen out, their preservation does not exceed 10% and they do not perform protective functions. The forest area split into small groups and individual trees. In general, the use of agricultural land for growing crops has been discontinued.

References

1. Geoinformacionnyetehnologii v agrolesomelioracii / K. N. Kulik, A. S. Rulev, K. B. Mushaeva, A. V. Koshelev, Z. P. Dorohina, O. Yu. Berezovikova. Volgograd: VNIALMI, 2010. 102 p.
2. Geoinformacionnyetehnologii v obespecheniitochnogozemledeliya / A. S. Rulev, S. S. Shinkarenko, V. N. Bodrova, N. V. Sidorova // IzvestiyaNizhnevolzhskogoagrouniversitetskogokompleksa: naukaivysheeprofessional'noeobrazovanie. 2018. № 4. P. 115-122.
3. GeoinformacionnyjanalizopustynivaniyaSevero-ZapadnogoPrikaspiya / K. N. Kulik, V. I. Petrov, V. G. Yuferev, N. A. Tkachenko, S. S. Shinkarenko // Aridnye jkosistemy. 2020. T. 26. № 2. P. 16-24.
4. Distancionnye issledovaniya i kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannyh territorij Yuga Rossii / V. V. Novochadov, A. S. Rulev, V. G. Yuferev, E. A. Ivancova // IzvestiyaNizhnevolzhskogoagrouniversitetskogokompleksa: Naukaivysheeprofessional'noeobrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 151-158.
5. Ivancova E. A., Komarova I. V. SovremennoesostoyanielandshaftovSarpinskojnizmennosti // Antropogennayatransformaciyaoprostranstva: priroda, hozyajstvo, obshchestvo: materialy V mezhdunarodnojnauchno-prakticheskoykonferencii. Volgograd, 2019. P. 54-57.
6. Komarova I. A., Ivancova E. A. LesomeliorativnayaocenkaagrolandshaftovSarpinskojnizmennostipodannymdistancionnogozondirovaniya // Uspehisovremennogoestestvoznaniya. 2020. № 9. P. 7-12.
7. Kravcova V. I. Kosmicheskimetodyissledovaniyapochv. M: AspektPress, 2005. 190 s.
8. Rulev A. S., Kanishev S. N., Shinkarenko S. S. Analizsezonnojdinamiki NDVI estestvennojrastitel'nostiZavolzh'yaVolgogradskojoblasti // SovremennyyeproblemydistancionnogozondirovaniyaZemliizkosmosa. 2016. T. 13. № 4. P. 113-123.
9. Rulev A. S., Yuferev V. G. Prognozirovaniyeizmenenijsostoyaniyalandshaftov v perehodnyh prirodnihzonah // Prirodnyeiantropogennyeizmeneniyaaridnyh jkosistemibor'ba s opustynivaniem: trudy institutageologiiDagestanskogonauchnogocentra RAN. Vyp. 67. Mahachkala: Institutgeologii DNC RAN. "ALEF", 2016. P. 234-238.
10. Shinkarenko S. S., Bodrova V. N., Sidorova N. V. Vliyanie jkspoziciisklonovnasezonnyudinamikuvegetacionnogoindeksa NDVI posevnyhploschadej // IzvestiyaNizhnevolzhskogoagrouniversitetskogokompleksa: naukaivysheeprofessional'noeobrazovanie. 2019. № 1. P. 96-105.
11. Application of Remote Sensing Techniques to Discriminate the Effect of Different Soil Management Treatments over Rainfed Vineyards in Chianti Terroir./A. S. Puig, D. Antichi, D. R. Warren, G. Rallo // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):716. P. 1-25.
12. Canopy Top, Height and Photosynthetic Pigment Estimation Using Parrot Sequoia Multispectral Imagery and the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / V. Kopačková-Strnadová [et al.] // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):705. P. 1-27.
13. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. № 65. P. 195-202.
14. Sumfleth K., Duttman R. Prediction of soil property distribution in paddy soil landscapes using terrain data and satellite information as indicators // Ecol. Indic. 2008. V. 8. No 5. P. 485-501.
15. The use of remote sensing in soiland terrain mapping – A review / V. L. Mulder [et al.] // Geoderma. 2011. V. 162. No 1-2. P. 1-19.

Authors Information

Elena Anatolyevna Ivantsova, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University (RF, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 100), Doctor of Agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: ivantsova@volsu.ru.

Komarova Irina Anatolyevna, postgraduate student of the Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 100), tel. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: komarova@volsu.ru.

Информация об авторах

Иванцова Елена Анатольевна, директор Института естественных наук Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: ivantsova@volsu.ru.

Комарова Ирина Анатольевна, аспирант кафедры экологии и природопользования Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), тел. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: komarova@volsu.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-38

ONTOLOGICAL ENGINEERING IN THE FIELD OF COTTON BREEDING

O. V. Kochetkova, I.Y. Podkovuyrov, I.Y. Goncharov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 10.03.2021

Submitted 11.05.2021

Abstract

Introduction. The introduction of cotton into production crops in southern Russia became possible thanks to the creation of new varieties *PGSSH 1* and *PGSSH 7* with a short growing season by scientists from the Volgograd State Agrarian University. As a result of many years of research, the biological potential of 21 varieties and hybrids has been analyzed, and a digital database of breeding characteristics has been collected. A new approach to the analysis and structuring of data from field experiments using digital technologies has been developed, which is an urgent task for breeding. It is based on the creation of an ontology, which made it possible to classify breeding traits in the order of their importance and semantic relationships. The purpose of the research is to formalize the knowledge and accumulated experience of experts in the field of cotton breeding in order to facilitate access to the accumulated information and its dissemination in the agricultural sector, which will reduce the costs caused by duplication of efforts and the repetition of past mistakes, as a result of which production in this area will become more efficient and cost effective. **Object.** The object of research is ontology, which provides the possibility of a comprehensive analysis of cotton breeding material for the creation of new varieties. **Materials and methods.** The research was carried out at the Department of Information Systems and Technologies and at the Center for Applied Genetics and Cotton Breeding in 2014-2020. Methods of ontological engineering, construction and visualization of subject ontologies, formation of queries to knowledge bases are applied. The study of the biological potential of varieties and hybrids was carried out in the collection on the experimental field of the University in the Educational research and production center «Gornaya Polyana». by methods of measurements and field observations of the growth, development and fruiting of cotton plants on light chestnut soils under long daylight conditions. **Results and conclusions.** The design and instrumental implementation of the ontology in the field of "Cotton Breeding" using the Protégé software environment has been carried out. It has been established that for the formation of an ontology, it is necessary to create the following classes: conditions of the growing area, types of selection, the possibility of hybridization and selection material. The cultivation of different varieties and hybrids in atypical regions allowed to elicit and analyze plant responses to stress, which were the basis for the analysis. In the classes of the ontological model, subclasses were distinguished; slots and class instances are defined; filled in the values of the attributes of the slots of the ontological model. To facilitate the work of the breeder with the ontology, template versions of queries have been created, which are data samples from the ontology accord-

ing to certain criteria of slot attributes. In addition, queries can be generated in real time. The model contains 4 classes, 35 subclasses, 37 instances, 22 instance slots, and 27 query templates. The use of this ontological model made it possible to assess the prospects of breeding material for hybridization and the creation of new varieties. It has been established that the following types of cotton are the best donors of economically valuable traits when breeding varieties for the south of Russia: treelike (*Gossypium arboreum*), herbaceous (*Gossypium herbaceum*) and Peruvian (*Gossypium barbadense*).

Key words: *cotton breeding, ontology, ontological engineering, knowledge management.*

Citation. Kochetkova O. V., Podkovuyrov I.Y., Goncharov I.Y. Ontological engineering in the field of cotton. *Proc. of the Lower Volga AgroUniversity Comp.* 2021. 2(62). 366-378 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-38.

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 004.822:631.53.011

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В ОБЛАСТИ СЕЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА

О. В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор
И. Ю. Подковыров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
И. Ю. Гончаров, магистр

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. Внедрение хлопчатника в производственные посевы на юге России стало возможным благодаря созданию учёными ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ новых сортов ПГССХ 1 и ПГССХ 7 с коротким периодом вегетации. В результате многолетних исследований проанализирован биологический потенциал 21 сорта и гибрида, собрана цифровая база данных селекционных характеристик. Разработан новый подход к анализу, структурированию данных полевых опытов с применением цифровых технологий, что является актуальной задачей для селекции. Он основан на создании онтологии, которая позволила классифицировать селекционные признаки в порядке их значимости и семантических взаимосвязей. Цель исследований — формализация знаний и накопленного опыта экспертов в области селекции хлопчатника для упрощения доступа к накопленной информации и её распространения в сельскохозяйственной отрасли, что позволит снизить затраты, вызванные дублированием усилий и повторением прошлых ошибок, в результате чего производство в данной области станет более эффективным и рентабельным. **Объект.** Объектом исследований является онтология, обеспечивающая возможность комплексного анализа селекционного материала хлопчатника для создания новых сортов. **Материалы и методы.** Исследования выполнены на базе кафедры информационных систем и технологий и в центре прикладной генетики и селекции хлопчатника в 2014-2020 годах. Применены методы онтологического инжиниринга, построения и визуализации предметных онтологий, формирования запросов к базам знаний. Исследование биологического потенциала сортов и гибридов проведено в коллекции на опытном поле университета в УНПЦ «Горная поляна» методами измерений и натурных наблюдений за ростом, развитием и плодоношением растений хлопчатника на светло-каштановых почвах в условиях длинного светового дня. **Результаты и выводы.** Произведено проектирование и инструментальная реализация онтологии в области «Селекция хлопчатника» с использованием программной среды Protégé. Установлено, что для формирования онтологии необходимо создать следующие классы: условия района выращивания, виды селекции, возможность гибридизации и селекционный материал. Выращивание разных сортов и гибридов в нетипичных районах позволило вызвать и проанализировать ответные реакции на стресс растений,

которые были положены в основу анализа. В классах онтологической модели были выделены подклассы; определены слоты и экземпляры классов; заполнены значения атрибутов слотов онтологической модели. Для облегчения работы селекционера с онтологией созданы шаблонные варианты запросов, которые представляют собой выборки данных из онтологии по определенным критериям атрибутов слотов. Кроме того, запросы можно формировать и в реальном времени. Модель содержит 4 класса, 35 подклассов, 37 экземпляров, 22 слота экземпляров и 27 шаблонов запросов. Применение данной онтологической модели позволило оценить перспективность селекционного материала для гибридизации и создания новых сортов. Установлено, что наилучшими донорами хозяйственно ценных признаков при выведении сортов для юга России являются следующие виды хлопчатника: древовидный (*Gossypium arboreum*), травянистый (*Gossypium herbaceum*) и перуанский (*Gossypium barbadense*).

Ключевые слова: селекция хлопчатника, онтологический инжиниринг, сорта хлопчатника, системы управления знаниями.

Цитирование. Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю., Гончаров И. Ю. Онтологический инжиниринг в области селекции хлопчатника. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 366-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-38.

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. Эффективная работа по созданию новых сортов и выращиванию хлопчатника требует накопления и распространения уникального опыта в этой области, создания определенного ресурса знаний [9]. В центре прикладной генетики и селекции хлопчатника Волгоградского ГАУ собрана коллекция лучших селекционных достижений. Исследование биологических особенностей 21 сорта и гибрида в течение 2014-2020 годов позволило собрать данные о реализации генетически заложенного потенциала в условиях светло-каштановых почв, что важно при выборе доноров хозяйственно ценных признаков [6].

Для повышения эффективности решения проблем, требующих сбора, обработки, поиска и представления информации, многие организации используют последние достижения в области цифровых технологий и систем управления знаниями. Так, в области сельского хозяйства сообщество практиков онтологий разработана онтология культур, в которой представлены описания агрономических, морфологических, физиологических, качественных, послеуборочных, абиотических и биотических признаков стресса сельскохозяйственных культур, что дает возможность исследователям агрегировать и сравнивать цифровые данные по проектам и местам [8]. Успешность использования цифровых ресурсов для аккумуляции и представления знаний определяется, прежде всего, выбором модели представления знаний, который должен базироваться на простоте понимания и единообразии их представления. Это упрощает механизм управления знаниями, обеспечивает относительную легкость процессов получения и интерпретации знаний для пользователей интеллектуальных систем и экспертов, чьи знания закладываются в будущую информационную систему [8]. Онтологии полностью соответствуют этим требованиям, и поэтому одной из перспективных и важных областей в области формализации знаний является онтологический инжиниринг — процесс проектирования и разработки онтологий, направленный на использование знаний компьютерных систем для решения сложных задач [5]. Онтология описывает основные понятия (положения) предметной области и определяет отношения между ними. Онтология вместе со многими отдельными экзем-

плярами классов составляет базу знаний, включает машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области и взаимосвязи между ними, представляя общий словарь для ученых и специалистов [11].

Отсутствие единой базы знаний в области селекции хлопчатника порождает затраты, вызванные труднодоступностью накопленного опыта, дублированием усилий и повторением прошлых ошибок исследователей. Для решения этой проблемы целесообразно использовать онтологический инжиниринг, который позволит разработать и использовать онтологию предметной области. Задачи онтологического инжиниринга: повысить уровень интеграции информации, необходимой для принятия управленческих решений, повысить эффективность поиска информации и обеспечить возможность совместной обработки знаний на основе единого семантического описания пространства знаний [5].

Учитывая необходимость развития хлопководства и отсутствие интеллектуальных ресурсов для управления знаниями в области хлопководства, разработка онтологии является актуальной задачей.

Целью работы является формализация знаний и накопленного опыта экспертов в области селекции хлопчатника для упрощения доступа к накопленной информации и её распространения в сельскохозяйственной отрасли, что позволит снизить затраты, вызванные дублированием усилий и повторением прошлых ошибок, в результате чего производство в данной области станет более эффективным и рентабельным.

Материалы и методы. Полевые опыты по сортоизучению коллекции проведены в УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ [2]. Для анализа использовали следующие показатели: температурный режим, количество осадков и продолжительность вегетационного периода, методы выведения сортов, их ареалы возделывания, наследование хозяйственно ценных качеств (свойств экземпляров), число хромосом. При цифровой обработке полученных данных использовали следующие методы: анализ отечественных и зарубежных работ в области онтологического инжиниринга, построения и визуализации предметных онтологий, формирования запросов к базам знаний. Для поиска возможных решений применяли методы структурного и объектно-ориентированного анализа, планирования, алгоритмизации, теории систем и системного анализа. В результате анализа характеристик наиболее популярных инструментальных средств создания онтологий на основании оценок экспертов был выбран редактор Protégé, который является бесплатным продуктом, простым в использовании как для создателя онтологии, так и её конечного пользователя [3, 10].

Результаты и обсуждение. Онтологический инжиниринг включает в себя идентификацию основных классов сущностей при описании реальных взаимодействующих процессов, отношений между этими классами, а также совокупность свойств, определяющих их изменение и поведение во взаимодействии.

Элементы онтологии включают: концепты, которые отождествляются с классами, понятиями, сущностями, категориями; свойства концептов (слоты, атрибуты, роли); семантические отношения между концептами; ограничения.

Структура онтологии представляет собой семантическую сеть в виде ориентированного графа, вершинами которого являются классы, а ребра отражают семантические отношения между классами или экземплярами. Практически создание онтологий включает следующие четыре этапа: определение классов; организацию классов в некоторую иерархию (базовый класс → подкласс); определение слотов и их допустимых значений; заполнение значений слотов для экземпляров классов.

Итак, построение онтологии начинается с создания классов. Они описывают основные понятия предметной области. Так, класс «Селекционный материал» представляет все сорта хлопчатника. Класс может иметь подклассы, которые представляют бо-

лее конкретные понятия, чем суперкласс. Так, в созданном классе «Селекционный материал» все сорта представлены в подклассах: обычный (*Gossypium hirsutum*), древовидный (*G. arboreum*), травянистый (*G. herbaceum*) и перуанский (*G. barbadense*). Конкретные сорта являются экземплярами этого класса.

Условием выращивания хлопчатника является сумма активных температур (выше +12 °C) более 2700°C и длительность вегетационного периода более 110 дней. Поэтому основные районы его возделывания расположены в тропическом, субтропическом и умеренном климате. Нашими исследованиями [1, 4] установлено, что Волгоградская область является самым северным районом промышленного выращивания хлопчатника. Испытываемые в коллекции сорта в этом регионе подвержены действию комплекса факторов, вызывающих стресс и ответные реакции растений в виде проявления свойств экземпляров. Для предоставления этой информации был создан отдельный класс «Районы выращивания», для этого класса заданы свойства: Макс_Температура_(C), Мин_Температура_(C), Осадки_(мм в год) и др.

В задаче создания новых сортов одним из центральных вопросов является выбор метода селекции. Для его решения был создан класс «Виды селекции», который включает подклассы: гибридизация (процесс получения потомства от скрещивания разных генетических форм), отбор (выбор человеком наиболее ценных культур для селекции), мутагенез (внесение изменений в ДНК), полиплоидия (увеличение числа наборов хромосом в клетках организма). Данный класс позволяет сделать выбор в пользу одного из методов селекции.

В селекции хлопчатника классическим методом является гибридизация. Алгоритм его реализации позволяет выявить из анализируемых видов хлопчатника перспективных генетических доноров. В онтологии определены сведения о возможности гибридизации, которая характеризуется коэффициентом родства сортов. Чем его значение ближе к 1, тем больше процент совпадения по количеству хромосом и остальным характеристикам сорта. Созданный класс «Возможность гибридизации» имеет следующие подклассы: ДХ – древовидный хлопчатник, ПХ – перуанский хлопчатник, ОХ – обыкновенный хлопчатник, ТХ – травянистый хлопчатник.

Разработанная нами методика позволила установить, что для создания нового сорта с заданными свойствами экземпляров необходимо использовать гибридизацию среди сортов хлопчатника древовидного, травянистого и перуанского. Их скрещивание позволяет получить уникальные сочетания свойств, большую вариабельность у потомства для дальнейшего отбора селекционных образцов – кандидатов в сорта.

Для эффективной селекции были выделены 4 класса и 35 подклассов онтологической модели и организована иерархическая структура их подклассов. Это позволило построить структурные модели с различными уровнями глубины декомпозиции. Тем не менее, этого недостаточно, чтобы получить подробное представление о структурных элементах нового сорта хлопчатника и их связях. Для решения частных селекционных задач при помощи онтологической модели были выделены индивидуальные структурные единицы, которые представляют собой максимальный уровень глубины декомпозиции. Кроме того, для каждого класса определены свойства, так называемые «слоты», которые характеризуют структурные единицы по какой-либо функциональной особенности. Экземпляры класса служат для представления элемента описываемой предметной области, где класс выступает в виде шаблона, содержащего множество правил, определяющих то, каким образом может быть создан новый сорт (построен экземпляр).

Помимо экземпляров, класс имеет атрибуты, которые используются для хранения информации об экземплярах класса. Завершающим же этапом в детализации модели будет заполнение значений различных слотов для каждого экземпляра.

В онтологии по селекции хлопчатника конкретные сорта являются экземплярами подклассов, к которым они относятся. Так, сорта Аккурган-2, Наманган-77 и др. относятся к обыкновенному хлопчатнику (рисунок 1).

Ценность сорта хлопчатника заключается в его свойствах, которые селекционер закладывает в модели сорта и которые пытается получить через класс «Виды селекции». При создании нового сорта ПГССХ 7 были использованы свойства типов данных такие, как вегетационный период 110 дней, выход волокна – 36,2 %, длина волокна – 41- 42 мм, масса хлопка-сырца одной коробочки – 4,0 г. Сочетание в сорте данного набора типов данных было достигнуто использованием класса «Возможность гибридизации» при скрещивании *Gossypium hirsutum* и *G. barbadense*.

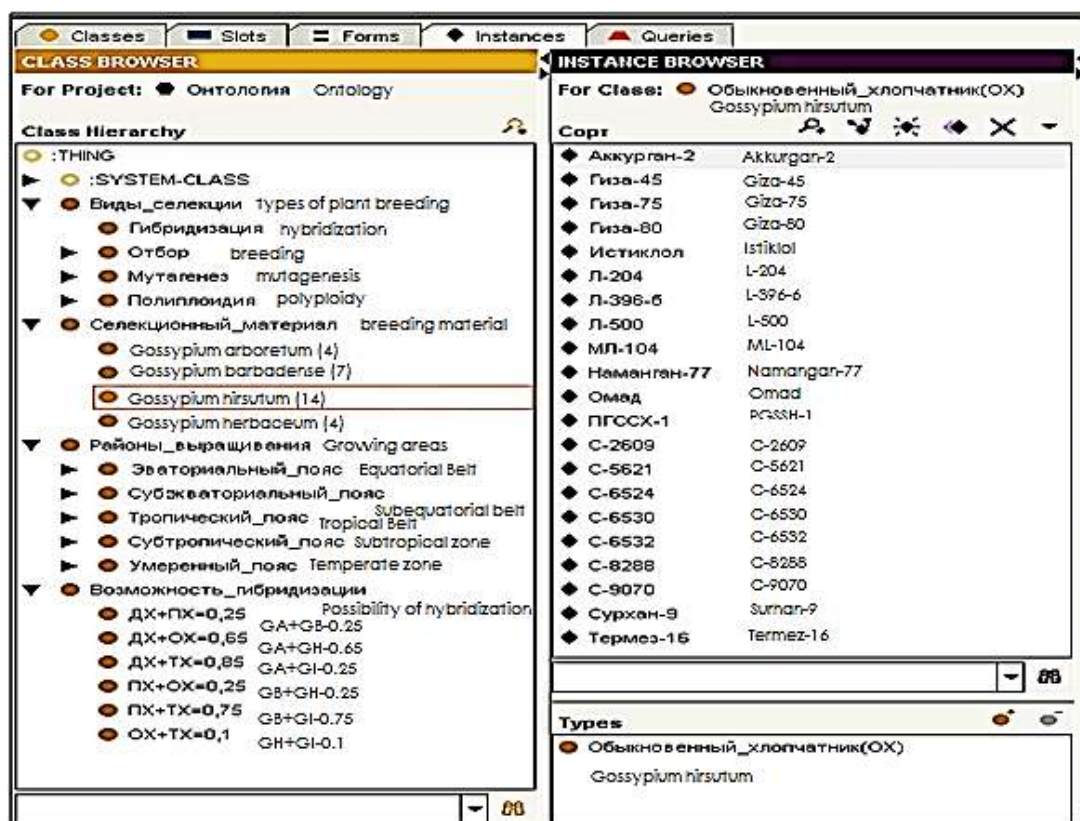


Рисунок 1 – Экземпляры подкласса «Обыкновенный хлопчатник»

Figure 1 – Instances of the subclass «Ordinary cotton»

На рисунке 2 представлены свойства экземпляров. Свойства типов данных (атрибуты класса) описывают связи между экземпляром и значением данных. Данные свойства распространяются на все экземпляры подкласса, для которого эти свойства установлены. К примеру, свойство «Величина коробочки» для класса «Обыкновенный хлопчатник» имеет значения: минимум – 0,5 см, максимум – 6 см (рисунок 3).

Значение «по умолчанию» для всех экземпляров данного класса устанавливается 3,5 см. Поскольку обычно сорта хлопчатника унаследуют признаки своего вида, в большинстве случаев сорта обыкновенного хлопчатника будут иметь величину коробочки примерно 3,5 см.

Сделано это для удобства, чтобы при добавлении нового сорта хлопчатника в онтологию не нужно было вводить все свойства заново. При необходимости для конкретного сорта можно задать свойства индивидуально.

Существует распространённое мнение, что онтологию можно построить по-разному и нет единственно правильного способа её построения. Каждый разработчик может, описывая одну и ту же предметную область, выделить разные классы и подклассы, а также другие структурные элементы. Кроме того, онтология может расширяться и дополняться, в ней могут выстраиваться новые семантические связи.

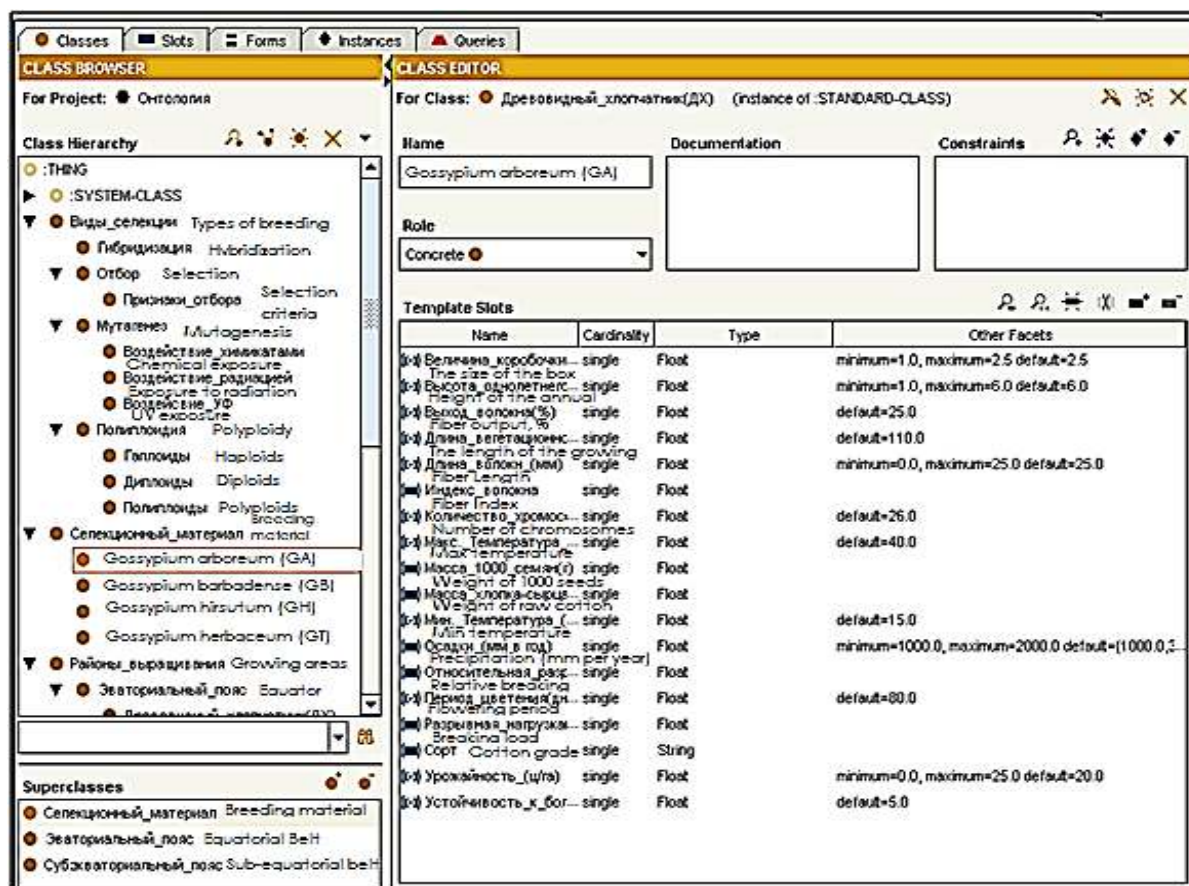


Рисунок 2 – Свойства экземпляров

Figure 2 – Properties of instances

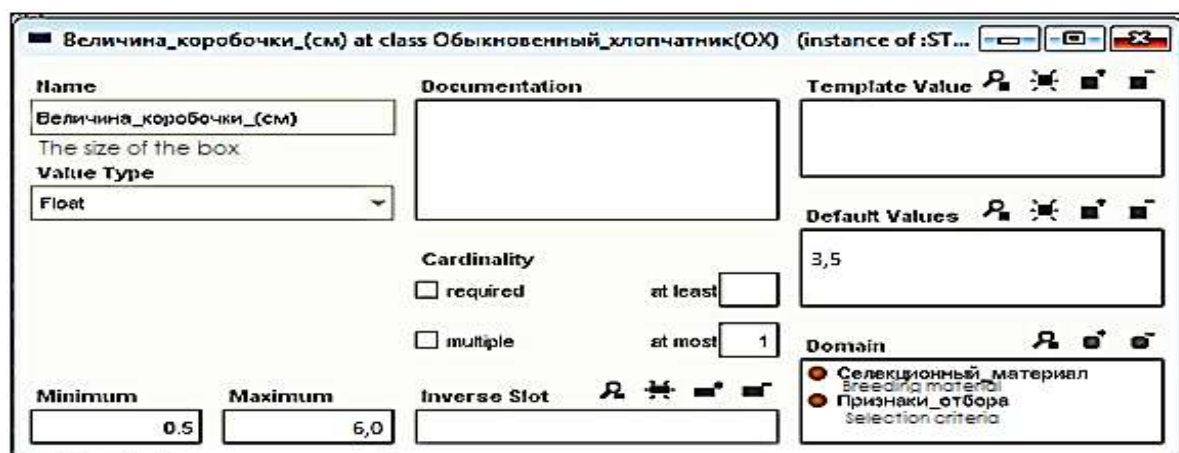


Рисунок 3 – Окно программы для ввода свойства «Величина коробки»

Figure 3 – Window of the program for entering the property "Size of the box"

Результативность работы онтологии определяется правильностью создания запросов. Они в программной среде Protégé представляют собой выборки данных из библиотеки по определенным критериям атрибутов слотов. Запросы можно формировать как в реальном времени, так и с помощью заранее созданных шаблонов. Для того чтобы облегчить работу селекционера с онтологией по селекции хлопчатника, создано несколько шаблонных вариантов использования запросов.

Алгоритм создания запроса основан на выборе класса или подкласса, по экземплярам которого производился поиск решения. Далее необходим анализ слота (свойства), по которому сортировали экземпляры. Например, при создании сорта ПГССХ 7 проанализирован класс «Селекционный материал» по слоту «Количество хромосом», после этого был выбран оператор атрибута и задано интересующее нас значение выбранного ранее слота. В селекционных исследованиях рекомендуется использовать следующие операторы: contains, does not contain, is, is not, begins with, ends with.

Выбранному слоту в соответствии с выбранным оператором задаётся значение, по которому необходимо провести отбор (вид селекции). Например, для отбора тетраплоидов зададим значение слота «хлопчатник» с числом хромосом «52», а оператор «contains», который означает содержание выбранного значения в значении атрибута слота (рисунок 4).

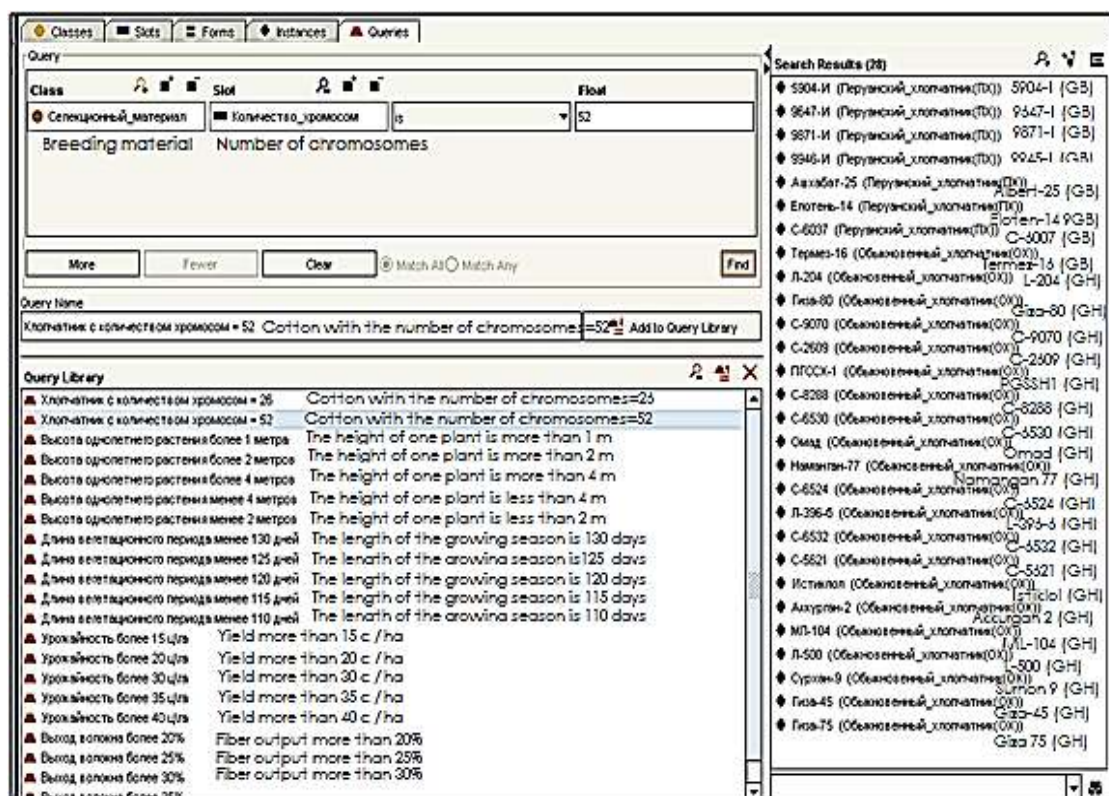


Рисунок 4 – Окно редактирования и запуска запроса «Количество хромосом»

Figure 4 – Window for editing and launching the query «Number of chromosomes»

В онтологии реализована возможность выполнения запросов сразу по нескольким значениям слота. Задав в запросе параметры сортоотличительных признаков, обозначенных в модели создаваемого сорта, мы получим выборку сортов – генетических доноров. Это позволяет работать с генетическим материалом, имеющим необходимые качества, и сократить сроки создания сортов.

Имеется возможность создать практически неограниченное количество различных запросов. Например, сделать выборку сортов хлопчатника, у которого выход волокна составляет более 20 % или получить выборку сортов хлопчатника с длиной вегетационного периода менее 130 дней. Кроме того, можно создавать запросы, в которых задаются сразу несколько условий по различным слотам классов и их атрибутам. Рассмотрим один из таких примеров. Например, необходимо выбрать сорт хлопчатника с длиной волокон не менее 35 мм, который будет выдерживать температуру ниже +15 °С, длина вегетационного периода у которого составляет не более 120 дней, а урожайность – не менее 30 ц/га и. Для этого переходим на вкладку «Queries» (Запросы) и задаем запрос. После установки данных ограничений онтология выдала список сортов, которые соответствуют установленным ограничениям (рисунок 5).

Также, если у селекционера поставлена цель создания сорта хлопчатника с определёнными характеристиками, а для этого нужно учитывать количество хромосом, разработанная онтология позволяет это сделать. Нужно также задать отбор по требуемому количеству хромосом, и онтология выдаст сорта, которые можно скрещивать между собой.

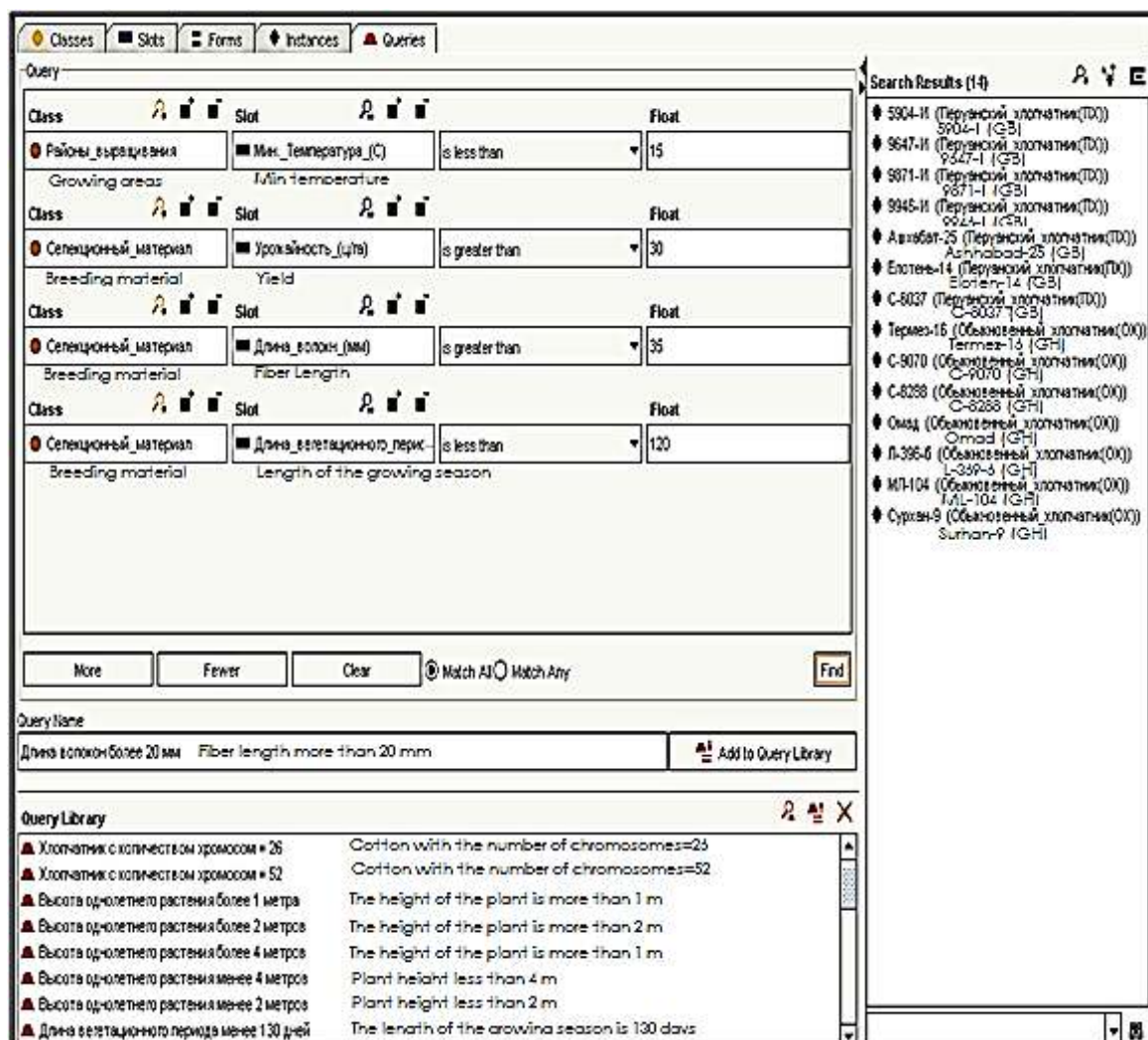


Рисунок 5 – Окно сложного запроса

Figure 5 – Complex query window

Созданная авторами оригинальная структура онтологической модели является универсальной и может быть использована для анализа селекционного материала других культур с вводом соответствующих изучаемой культуре структурных элементов онтологии. Обобщенное инструментальное решение обеспечило всестороннее описание предметной области селекции хлопчатника посредством выявления скрытых взаимосвязей и взаимозависимостей в моделях исследуемой области, что облегчило навигацию по сложным схемам формализуемой предметной области.

Применение метода онтологического инжиниринга позволило выполнить интеграцию разнородных представлений отдельных аспектов селекции хлопчатника. Всесторонний анализ выполненных ранее научно-исследовательских работ в области селекции хлопчатника показал, что они требуют высокой квалификации разработчиков и длительных сроков создания. С одной стороны, это обусловлено сложностью предметной области как многокомпонентной информационной сущности, а с другой стороны – низким уровнем формализованности знаний в области селекции хлопчатника. Это приводит к низкой эффективности работ.

Созданная онтологическая модель и разработанная методика по системному проектированию селекции хлопчатника на основе онтологических моделей служит основой для формирования собственных высокоэффективных онтологических моделей, а также дополнения и расширения существующей модели. В результате селекции хлопчатника ежегодно увеличивается коллекция сортов и гибридов, что позволило расширять онтологическую модель, увеличивать многоаспектность анализа. В 2014 году начальная модель содержала элементы по 16 селекционным образцам, что позволило создать один новый сорт. В 2020 году количество селекционных образцов увеличилось до 21, что позволило вывести два новых сорта. Образование в результате такой работы нового селекционного материала приводит к расширению онтологии и увеличению многоаспектности выполнения запросов и получения результатов (таблица 1). На данном этапе разработки при объеме онтологической модели, содержащей 21 сорт, были созданы 27 шаблонов запросов для использования. Количество создаваемых шаблонов неограниченно и ежегодно пополняется с учетом возникновения новых целей селекции (для флористики, для декоративного садоводства, для выращивания на богаре и др.) и внесения изменений в структуру классов, подклассов, слотов, экземпляров и их атрибутов.

Перспективным направлением является объединение селекционных онтологических моделей из разных учреждений (например, Волгоградского ГАУ и Научно-исследовательского института селекции, семеноводства и агротехнологий хлопка Республики Узбекистан). Комплекс онтологических моделей позволит эффективно осуществлять координацию участников проекта и каталогизацию всей документации по селекции, выращиванию и первичной переработке хлопчатника, выступая в роли единого глоссария, описывающего понятия различных аспектов предметной области.

Агрономия и связанные с ней науки остро нуждаются не только в отдельных онтологиях, а в универсальном информационном ресурсе в виде портала, который предоставит пользователям возможность определять и выбирать онтологии для своих конкретных задач, а также предлагать общие услуги для их использования в поиске, аннотации или других научных целях. В настоящее время такие работы проводятся учеными Франции [7]. Созданная ими платформа AgroPortal в настоящее время включает 77 крупных и 11 частных онтологий. Онтологий по селекции и возделыванию хлопчатника на портале нет [7]. Разработчики портала приглашают создателей онтологий разместить свои разработки на этом портале.

Таблица 1 – Характеристика перспективных генетических доноров, отобранных по результатам онтологического анализа для создания новых сортов хлопчатника

Table 1 – Characteristics of promising genetic donors selected according to the results of ontological analysis to create new varieties of cotton

Сорта и линии / Varieties and lines	Скороспелость, дней / Precocity, days	Урожайность, ц/га / Yield, c / ha	Масса хлопка-сырца одной коробочки, г / Weight of raw cotton per fruit, g	Выход волокна, % / Fiber output, %	Технологические свойства волокна / Technological properties of fiber			Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g
					Длина, мм / Length, mm	Разрывная нагрузка, гс/текс / Breaking load, gs/tex.	Метрический номер / Metric number	
ПГССХ-1 / PGSSH-1	110	40-46	5,2	40,0	34,0	26,1	5800	130,0
Зеленый / Green	130	33-42	6,4	34,4	33,8	26,2	5250	120,0
Рыжий / Fox	126	36-45	5,8	37,4	35,2	26,0	6000	120,0
С-2522	128	37-44	5,6	35,4	33,9	25,9	5600	120,0
С-6524	126	38-45	5,4	36,2	34,1	26,0	5350	120,0
Бухоро-6 / Buhoro-6	130	32-38	5,5	37,3	33,3	25,6	5500	115,0
Бухоро-102 / Buhoro-102	128	32-39	5,4	34,3	36,5	25,3	5800	135,0
С-9070	119	33-39	5,4	33,3	36,5	25,5	6000	140,0
НСР ₀₅	1,23	3,71	0,28	1,54	0,69	0,33	64,8	4,72

Выводы. Таким образом, создан методический инструмент формализации знаний и накопленного опыта экспертов в области селекции хлопчатника для упрощения доступа к накопленной информации и её распространения в сельскохозяйственной отрасли. Разработанная онтология позволила решить проблемы эффективного выбора генетических доноров для селекции хлопчатника в работе по созданию новых сортов. На основе онтологического инжиниринга создана модель знаний, обеспечивающая описание предметной области селекции хлопчатника и проведение экспертной оценки коллекции сортов и гибридов. Основываясь на исследованиях по изучению онтологических моделей и селекции хлопчатника, были выделены классы для построения основы онтологической модели. Впоследствии определены слоты и экземпляры классов и заполнены значения атрибутов слотов, а также созданы шаблоны запросов. В результате поисковых запросов выделено восемь перспективных генетических доноров хлопчатника (ПГССХ 1, зелёный, рыжий, С-2522, С-6524, С-9070, Бухоро-6, Бухоро-102) для создания сортов нового поколения. Перспективы развития данного направления исследований заключаются в расширении созданной онтологической модели, в объединении баз знаний по анализируемому селекционному материалу разных научных учреждений, что позволит выявить новые возможности создания уникальных сортов хлопчатника, а также разместить созданную авторами онтологию на платформе AgroPortal.

Библиографический список

1. Изменчивость, наследование и наследуемость признака "выход волокна" у межсортовых, географически отдаленных гибридов F₁-F₂ хлопчатника вида *G. hirsutum* L. / У. Каюмов, В. А. Автономов, А. Е. Курбонов, Ш. Амантурдиев // Наука и мир. 2017. Т. 2. № 4 (44). С. 32-34.
2. Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю., Кривопустенко А. Е. Функциональное моделирование процессов выращивания хлопчатника // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3(47). С. 258-266.

3. Ломакин В. В., Михайлова С. В., Белоконь Ю. Ю. Построение формального описания профиля компетентности сотрудников IT-фирмы при помощи редактора онтологий Protégé // Научный результат. Информационные технологии. 2018. Т. 3. № 1. С. 11-18.
4. Перспективы развития хлопководства южных регионов Республики Узбекистан / О. Х. Кимсанбоев, В. А. Автономов, А. Е. Курбонов, Д. Д. Ахмедов // Наука и мир. 2017. Т. 1. № 7 (47). С. 51-53.
5. Сергиенко А. А., Гончаров И. Ю., Кочеткова О. В. Основные аспекты онтологического инжиниринга различных предметных областей // International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences, USA, Morrisville: международная научно-практическая конференция. http://scipro.ru/conf/proceedings_usa30112019.
6. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A. S. Ovchinnikov, O. H. Kimsanbaev, V. A. Antonov, I. Y. Podkovyrov, T. M. Konotopskaya, D. Y. Ermak // E3S Web of Conferences. 2020. V. 203. P. 02010.
7. AgroPortal: A vocabulary and ontology repository for agronomy / C. Jonquet, A. Toulet, E. Arnaud, S. Aubin, P. Larmande // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 144. P. 126-143.
8. Arnaud E. Agricultural Ontologies in Use: New Crops and Traits in the Crop Ontology. October 2019. <https://bigdata.cgiar.org/blog-post/agricultural-ontologies-in-use-new-crops-and-traits-in-the-crop-ontology>.
9. Glinushkin A. P., Startsev V. I., Startseva L. V. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 459(6). P. 062069.
10. Konys A., Drażek Z. Ontology Learning Approaches to Provide Domain-Specific Knowledge Base Procedia Computer // Science. 2020. Vol. 176. Pp. 3324-3334.
11. Ontology Design and Development / G. Tecuci, D. Marcu, M. Boicu, D. A. Schum // Publisher: Cambridge University Press, 2016. Pp. 174-201.

Conclusions. The authors have created a methodological tool for formalizing the knowledge and accumulated experience of experts in the field of cotton breeding to simplify access to the accumulated information and its dissemination in the agricultural sector. The developed ontology made it possible to solve the problems of effective selection of genetic donors for cotton breeding in the work on the creation of new varieties. On the basis of ontological engineering, a knowledge model has been created that provides a description of the subject area of cotton breeding and an expert assessment of the collection of varieties and hybrids. Based on research on the study of ontological models and cotton breeding, classes were identified to build the basis of the ontological model. Subsequently, the slots and class instances are defined and the values of the slot attributes are filled in, and the request templates are created. As a result of search queries, eight promising genetic donors of cotton were identified for the creation of new generation varieties. Prospects for the development of this area of research consist in expanding the created ontological model, in combining knowledge bases on the analyzed breeding material of different scientific institutions, which will reveal new possibilities for creating unique varieties of cotton, as well as place the ontology created by the authors on the AgroPortal platform.

References

1. Izmenchivost', nasledovanie i nasleduemost' priznaka "vyhod volokna" u mezhsortovyh, geograficheski otdalennyh gibridov F1-F2 hlochatnika vida *G.hirsutum* L. / U. Kayumov, V. A. Avtonomov, A. E. Kurbonov, Sh. Amanturdiyev // Nauka i mir. 2017. Т. 2. № 4 (44). P. 32-34.
2. Kochetkova O. V., Podkovyrov I. Yu., Krivopustenko A. E. Funkcional'noe modelirovanie processov vyraschivaniya hlochatnika // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3(47). P. 258-266.

3. Lomakin V. V., Mihajlova S. V., Belokon' Yu. Yu. Postroenie formal'no-go opisaniya profilya kompetentnosti sotrudnikov IT-firmy pri pomoschi redaktora ontologij Prot'g? // Nauchnyj rezultat. Informacionnye tehnologii. 2018. T. 3. № 1. P. 11-18.

4. Perspektivy razvitiya hlopkovodstva yuzhnyh regionov Respubliki Uzbe-kistan / O. H. Kimsanboev, V. A. Avtonomov, A. E. Kurbonov, D. D. Ahmedov // Nauka i mir. 2017. T. 1. № 7 (47). P. 51-53.

5. Sergienko A. A., Goncharov I. Yu., Kochetkova O. V. Osnovnye aspekty ontologicheskogo inzhiniringa razlichnyh predmetnyh oblastej // International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences, USA, Morrisville: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. http://scipro.ru/conf/proceedings_usa30112019.

6. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A. S. Ovchinnikov, O. H. Kimsanbaev, V. A. Antonov, I. Y. Podkovyrov, T. M. Konotopskaya, D. Y. Ermak // E3S Web of Conferences. 2020. V. 203. P. 02010.

7. AgroPortal: A vocabulary and ontology repository for agronomy / C. Jonquet, A. Toulet, E. Arnaud, S. Aubin, P. Larmande // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 144. P. 126-143.

8. Arnaud E. Agricultural Ontologies in Use: New Crops and Traits in the Crop Ontology. October 2019. <https://bigdata.cgiar.org/blog-post/agricultural-ontologies-in-use-new-crops-and-traits-in-the-crop-ontology>.

9. Glinushkin A. P., Startsev V. I., Startseva L. V. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 459(6). P. 062069.

10. Konys A., Drązek Z. Ontology Learning Approaches to Provide Domain-Specific Knowledge Base Procedia Computer // Science. 2020. Vol. 176. Pp. 3324-3334.

11. Ontology Design and Development / G. Tecuci, D. Marcu, M. Boicu, D. A. Schum // Publisher: Cambridge University Press, 2016. Pp. 174-201.

Authors Information

Kochetkova Olga Vladimirovna, Head of the Department of Information Systems and Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologograd State Agrarian University" (400002, Vologograd, Universitetskiy Avenue, 26), Doctor of Technical Sciences, Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-189> E-mail: ovk555@bk.ru.

Podkovyrov Igor Yuryevich, Head of the Center for Applied Genetics and Cotton Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologograd State Agrarian University" (400002, Vologograd, Universitetskiy Avenue, 26), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0505-4094>. E-mail: cottonvolgau@list.ru

Goncharov Ivan Yurievich, student of the federal state budgetary educational institution of higher education "Vologograd State Agrarian University" (400002, Vologograd, Universitetskiy Avenue, 26) E-mail: vanekgoncharov1996@yandex.ru

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, проспект 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, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0505-4094>. E-mail: cottonvolgau@list.ru

Гончаров Иван Юрьевич, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26)

E-mail: vanekgoncharov1996@yandex.ru

MODES AND PARAMETERS OF COMPLEX PRE-SOWING TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS IN AN ELECTRIC FIELD AND BY THE GROWTH REGULATOR «ZEREBRA AGRO»

N. Y. Petrov, M. P. Aksenov, Y. I. Hanin,
S. V. Volobuev, D. S. Ivushkin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.03.2021

Submitted 12.05.2021

Abstract

Introduction. The Volgograd region belongs to the zone of risky agriculture, in such conditions, additional help is needed for plants to grow and develop in the early stages. In this regard, experiments to determine the optimal modes of pre-sowing treatment of sunflower seeds in an electric field and a plant growth regulator are relevant. **Object.** The object of research is sunflower hybrids NK Neoma, LG 5550, ES Petunia. **Materials and methods.** According to the chosen experiment plan, three types of experiments were carried out. During the first experiment, the seeds were processed in an electric field of alternating voltage at a voltage of 2 to 10 kV / cm with an interval of 2 kV/cm, with a processing time of 15 to 105 seconds with an interval of 15 seconds. In the second experiment, the seeds were treated by the growth regulator «Zerebra Agro». In the third experiment, the seeds were exposed to an electric field of 4,6,8 kV/cm with subsequent treatment with a growth regulator. The treated seeds were sprouted in Petri dishes to determine the germination energy and laboratory germination rate. The seeds were processed by an electric field in the working chamber, between two parallel steel electrodes. The source of high alternating voltage was a high-voltage device SKAT-70. To apply the prepared composition of the growth regulator «Zerebra Agro» to the surface of the seeds, a pump sprayer Bertani Floris 4000 was used. **Results and discussion.** Laboratory germination and growth energy in all studied sunflower hybrids increased under the influence of an electric field of different intensity and duration of treatment. The treatment mode of 2 kV / cm with an exposure time of up to 60 seconds, did not affect germination and germination energy. With a processing time of 75...105 seconds, the laboratory germination increased by 1...2%. The electric field strength of 4 kV / cm, increased the laboratory germination relative to the control already at the treatment time of 30 seconds by 2...3%. The maximum responsiveness in the form of an increase in laboratory germination and germination energy was obtained at 6...8 kV/cm modes and an exposure time of 60...90 seconds. The processing mode of 10 kV / cm, relative to the mode of 8 kV/cm, did not show any changes in the direction of increasing the studied parameters, which allows us to conclude that it is impractical to use this mode. Seed treatment by the growth regulator «Zerebra Agro» had a positive effect on the laboratory germination and germination energy of all sunflower hybrids. The germination energy was 4% higher than the control in the NK Neoma and LG 5550 hybrids, and 6% higher in the ES Petunia hybrid. Laboratory germination exceeded the control by 4% in the NK Neoma hybrid, by 5% in the LG 5550 hybrid, and by 6% in the ES Petunia hybrid. With complex pre-sowing treatment in an electric field and a growth regulator, with 3 treatment modes-4, 6, 8 kV / cm, the maximum indicators of laboratory germination and germination energy were obtained at a voltage of 8 kV/cm and a processing time of 60...90 seconds. Laboratory germination exceeded the control in the NK Neoma hybrid by 10%, in the LG 5550 hybrid by 10%, and in the ES Petunia hybrid by 12%. The germination energy was 7% higher than the control in the NK Neoma hybrid, 8% higher in the LG 5550 hybrid, and 9% higher in the ES Petunia hybrid. **Conclusions.** The effective mode of processing sunflower seeds in an electric field of alternating voltage and by the growth regulator «Zerebra Agro» is provided at an electric field strength of 8 kV / cm, a processing time of 60 seconds, subsequent treatment of seeds by an aqueous solution of the growth regulator «Zerebra Agro», in the dosage recommended by the manufacturer for sunflower seeds. Under this regime, the laboratory germination of sunflower hybrids is 10...12% higher than the control, and the germination energy is 7...9% higher than the control.

Key words: *electric field, intensity, sunflower, germination energy, laboratory germination, growth regulator.*

Citation. Petrov N. Yu., Aksenov M. P., Khanin Yu. I., Volobuev S. V., Ivushkin D. S. Modes and parameters of complex pre-sowing treatment of sunflower seeds in an electric field and by the growth regulator Zerebra Agro. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 379-389 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-39.

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 631.53.027.33:633.854.78

РЕЖИМЫ И ПАРАМЕТРЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ И РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА ЗЕРЕБРА АГРО

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. П. Аксенов, старший преподаватель

Ю. И. Ханин, кандидат технических наук, доцент

С. В. Волобуев, кандидат технических наук, доцент

Д. С. Ивушкин, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.03.2021

Дата принятия к печати 12.05.2021

Актуальность. Волгоградская область относится к зоне рискованного земледелия, в таких условиях необходима дополнительная помощь растениям в росте и развитии на ранних стадиях. В связи с этим эксперименты по определению оптимальных режимов предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле и регулятором роста растений являются актуальными. **Объект.** Объектом исследований являются гибриды подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния. **Материалы и методы.** По выбранному плану эксперимента были проведены три опыта. При проведении первого опыта семена подвергались обработке в электрическом поле переменного напряжения при напряженности от 2 до 10 кВ/см с интервалом 2 кВ/см, временем обработки от 15 до 105 секунд с интервалом 15 секунд. Во втором опыте семена обрабатывались регулятором роста Зеребра Агро. В третьем опыте на семена воздействовали электрическим полем напряженностью 4,6,8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста. Обработанные семена проращивали в чашках Петри для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести. Семена обрабатывались электрическим полем в рабочей камере, между двух параллельно расположенных стальных электродов. Источником высокого переменного напряжения являлся высоковольтный аппарат СКАТ-70. Для нанесения приготовленного состава регулятора роста Зеребра Агро на поверхность семян использовался помповый опрыскиватель Bertani Floris 4000. **Результаты и обсуждение.** Лабораторная всхожесть и энергия прорастания у всех исследуемых гибридов подсолнечника повышалась при воздействии электрического поля различной напряженности и продолжительности обработки. Режим обработки 2 кВ/см при времени воздействия до 60 секунд на всхожесть и энергию прорастания не повлиял. При времени обработки 75...105 секунд лабораторная всхожесть повышалась на 1...2 %. Напряженность электрического поля 4 кВ/см, повышала лабораторную всхожесть относительно контроля уже при времени обработки 30 секунд на 2...3 %. Максимальная отзывчивость в виде повышения лабораторной всхожести и энергии прорастания получена при режимах 6...8 кВ/см и времени воздействия 60...90 секунд. Режим обработки – 10 кВ/см относительно режима 8 кВ/см изменений в сторону повышения исследуемых параметров не показал, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности применения данного режима. Обработка семян регулятором роста Зеребра Агро оказала положительное влияние на лабораторную всхожесть и энергию прорастания всех гибридов подсолнечника. Энергия прорастания была выше контроля на 4 % у гибридов НК Неома и ЛГ 5550, на 6 % у гибрида ЕС Петуния. Лабораторная всхожесть превышала контроль на 4 % у гибрида НК Неома, на 5 % у гибрида ЛГ 5550, на 6 % у гибрида

ЕС Петуния. При комплексной предпосевной обработке в электрическом поле и регулятором роста, при 3 режимах обработки – 4, 6, 8 кВ/см, получены максимальные показатели лабораторной всхожести и энергии прорастания при напряженности 8 кВ/см и времени обработки 60...90 секунд. Лабораторная всхожесть превышала контроль у гибрида НК Неома на 10 %, у гибрида ЛГ 5550 – на 10 %, у гибрида ЕС Петуния – на 12 %. Энергия прорастания была выше контроля на 7 % у гибрида НК Неома, на 8 % у гибрида ЛГ 5550 и на 9 % – у гибрида ЕС Петуния. **Выводы.** Эффективный режим обработки семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения и регулятором роста Зеребра Агро обеспечивается при напряженности электрического поля 8 кВ/см, времени обработки 60 секунд, последующей обработки семян водным раствором регулятора роста Зеребра Агро в дозировке, рекомендованной производителем для семян подсолнечника. При таком режиме лабораторная всхожесть у гибридов подсолнечника выше контроля на 10...12 %, энергия прорастания выше контроля на 7...9 %.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, обработка семян подсолнечника, регуляторы роста растений, Зеребра Агро.

Цитирование. Петров Н. Ю., Аксенов М. П., Ханин Ю. И., Волобуев С. В., Ивушкин Д. С. Режимы и параметры комплексной предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле и регулятором роста Зеребра Агро. *Известия НВ АУК.* 2021. 2 (62). 379-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-39.

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. Из растительных масел подсолнечное масло находится на первом месте в России по потреблению населением, доля подсолнечного масла составляет 80 % от представленного ассортимента растительных масел. Растет и производство растительного масла: в 2020 году было произведено 5900 тыс. тонн нерафинированного и 2500 тыс. рафинированного масла, показатели производства превышены по сравнению с 2019 годом на 10-11 %. Устойчивый спрос отмечается и со стороны других государств: экспортировано более 35 % произведённого в стране масла. Для обеспечения существующего и растущего спроса ежегодно в России увеличиваются посевные площади под подсолнечник, в 2020 году было засеяно 8,5 млн га. что составляет 10,7 % в структуре посевных площадей. Волгоградская область обладает агроклиматическими условиями, благоприятными для выращивания подсолнечника, ежегодно засеивается от 650 до 820 тыс. га, и регион по площадям занятым подсолнечником занимает 6 место после Саратовской области.

Кондиционные качества семенного материала играют важную роль в качестве и количестве планируемого урожая. Повышать кондиционные качества семян можно путем проведения предпосевной обработки. Существующие методы предпосевной подготовки семян условно разделены на три группы: механические, физические и химические. Механические методы применяются производителями семян, заключаются в очистке, калибровке, сортировке по фракциям и размерам. Под химическими методами подразумевается протравливание, применение стимуляторов роста, осмообработка, инкрустация. К физическим относятся: магнитные, радиационные, электрофизические [1, 2, 4, 9, 11] и др. При разном механизме действия эти методы направлены на стимуляцию в семени ростовых процессов путем внесения питательных веществ (регуляторов роста) [7, 12] выводом семени из состояния биологического покоя (электрофизический метод). Каждый из этих способов предпосевной обработки имеет свои достоинства, при

комплексном способе обработки [3, 8], применяется как регулятор роста путем нанесения на поверхность, вследствие чего воздействие электрического поля должно увеличить эффективность обработки.

Комбинированная обработка семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения с последующей обработкой регулятором роста Зеребра Агро, на наш взгляд, является весьма актуальным технологическим приемом для предпосевной стимуляции семян подсолнечника, так как позволяет за счет электрофизического воздействия вывести семя из «покоя», оказать пагубное действие на патогенную микрофлору и тем самым заложить основу повышения энергии роста и всхожести семян на первоначальном этапе роста растений [5, 6, 10].

Материалы и методы. Для проведения исследований по изучению влияния электрического поля переменного напряжения и препарата Зеребра Агро были выбраны семена подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния.

По выбранному плану эксперимента были проведены три опыта.

При проведении первого опыта семена подвергались обработке в электрическом поле переменного напряжения при напряженности от 2 до 10 кВ/см (фактор А) с интервалом 2 кВ/см, время обработки от 15 до 105 секунд (фактор В) с интервалом 15 секунд. Во втором опыте семена обрабатывались препаратом Зеребра Агро. В третьем опыте на семена воздействовали электрическим полем напряженностью 4,6,8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста. Обработанные семена проращивали в чашках Петри для определения энергии роста и лабораторной всхожести с четырехкратной повторностью.

Семена обрабатывались электрическим полем в рабочей камере, между двух параллельно расположенных стальных электродов. Нижний электрод заземлялся, на верхний подавалось напряжение. Контроль напряжения осуществлялся киловольтметром. В качестве источника высокого переменного напряжения применялся высоковольтный аппарат СКАТ-70.

Для нанесения приготовленного состава регулятора роста Зеребра Агро на поверхность семян применялся помповый опрыскиватель Bertani Floris 4000.

Результаты и обсуждение. Определение наиболее эффективных режимов обработки семян в электрическом поле требует проведения большого числа экспериментов с различной напряженностью электрического поля и временем воздействия, поэтому программа экспериментов была разделена на два этапа: первый этап – нахождение наиболее оптимальных режимов, при которых будут наибольшими изучаемые показатели (лабораторная всхожесть, энергия прорастания); второй этап – исследование нескольких вариантов наиболее эффективных режимов совместно с обработкой регулятором роста. Проведение экспериментов по данной схеме позволяет сократить количество опытов, а также определить степень воздействия на лабораторную всхожесть, энергию прорастания по отдельности (электрическое поле переменного напряжения и регулятор роста).

В проведенных опытах использовали препарат Зеребра Агро – водный раствор, содержащий 500 мг/л коллоидного серебра + 100 мг/л полигексаметилен бигуанид гидрохлорида. Расход препарата составлял 100 мл/т, расход рабочего раствора – 10 л/т.

На контроле наибольшие показатели по всхожести и энергии прорастания наблюдались у семян гибрида НК Неома (всхожесть 87 %, энергия прорастания 86 %), у семян гибрида ЛГ 5550 всхожесть составила 85 %, энергия прорастания – 83 %, у семян подсолнечника ЕС Петуния лабораторная всхожесть составляла 83 % и энергия прорастания – 80 %.

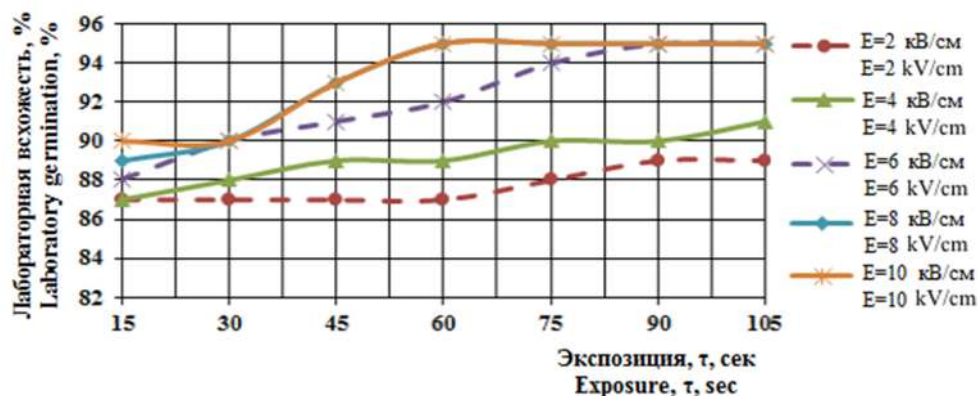


Рисунок 1 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника НК Неома при разной напряженности и времени обработки

Figure 1 – Laboratory germination of seeds of the sunflower hybrid NK Neoma at different intensity and processing time

Из данных рисунка 1, отображающего зависимость лабораторной всхожести семян НК Неома от времени воздействия электрического поля в интервале от 15 до 105 секунд и воздействующего фактора – напряженности электрического поля в диапазоне от 2 до 10 кВ/см, наблюдалось повышение лабораторной всхожести как в зависимости от уровня напряженности, так и от времени воздействия электрического поля переменного тока. Так, при напряженности электрического поля 2 кВ/см при времени воздействия 15, 30, 45 и 60 секунд не происходило явных изменений по всхожести относительно контроля как в сторону увеличения, так и уменьшения показателей отклика, и всхожесть находилась на уровне 87 %, как и при контрольных показателях. При длительности нахождения в электрическом поле 75 секунд показатель всхожести уже составил 88 %, а с увеличением времени воздействия до 90 и 105 секунд она повысилась до 89 %, и при дальнейшем увеличении времени обработки улучшения результатов по всхожести не наблюдалось.

При напряженности 4 кВ/см и 15 секундах воздействие влияния на семена не проявилось, всхожесть, как и при контроле, была равна 87 %, 30 секунд воздействия в отличие от напряженности 2 кВ/см повысило всхожесть до 88 %, а при 45 секундном воздействии всхожесть уже равнялась 89 % и продолжала расти с увеличением времени нахождения семян в экспериментальной ячейке, продемонстрировав максимальные показатели при 105 секундах – 91 % всхожести.

Максимальная всхожесть при напряженности электрического поля 6 кВ/см была достигнута на 90 секундах и составила 95 %, не изменилась она и на 105 секундах – все те же 95 %.

Напряженность 8 кВ/см уже при 15 секундах повышала всхожесть на 2 % выше контроля, которая составила 89 %. Максимальное значение 95 % было достигнуто при времени обработки 60 секунд. Дальнейшее увеличение времени обработки до 75, 90 и 105 секунд на процент всхожести не повлияло.

При напряженности электрического поля 10 кВ/см всхожесть при минимальном времени 15 секунд составила 89 %, а при максимальном времени 105 секунд – 95 %.

Подводя промежуточный итог, установили, что максимальное значение 95 % лабораторной всхожести было достигнуто на режимах: 6 кВ/см – 90 секунд; 8 кВ/см – 60 секунд; 10 кВ/см – 60 секунд.

В контрольном образце энергия прорастания гибрида НК Неома составляла 86 %.

Максимальные показатели по энергии прорастания для данного гибрида подсолнечника были получены на режимах обработки 6 кВ/см и 90 секунд – 92 %, дальнейшее увеличение экспозиции до 105 секунд результат не улучшило и не ухудшило. При режиме 8 кВ/см и экспозиции 60 секунд всхожесть составила 92 %, при режиме 10 кВ/см и экспозиции 45 секунд – все те же 92 %. На режимах 8 и 10 кВ, соответственно, при проведении опытов с экспозициями до 105 секунд увеличения энергии прорастания выше показателя 92 % не наблюдалось.

На рисунке 2 изображены графики зависимости лабораторной всхожести семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550. Лабораторная всхожесть на контроле составила 85 %, энергия прорастания – 83 %.

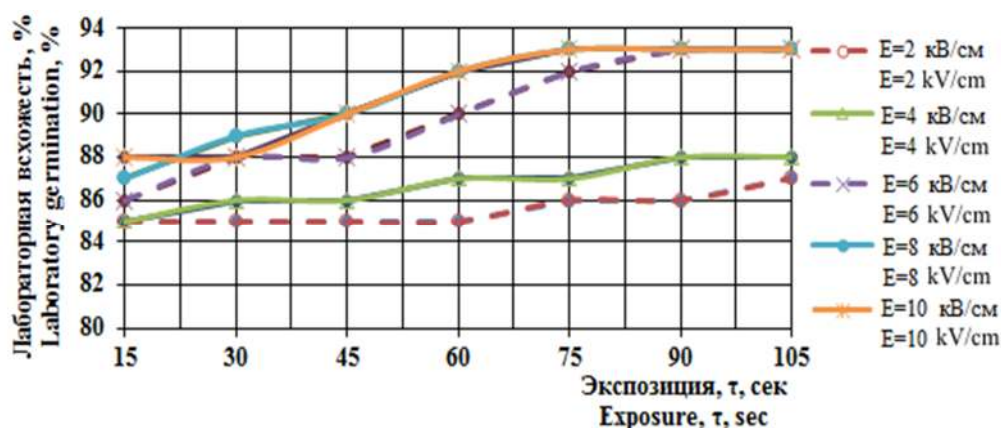


Рисунок 2 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550 при разной напряженности и времени обработки

Figure 2 – Laboratory germination of sunflower hybrid seeds LG 5550 at different intensity and processing time

Максимальные показатели были получены при напряженности 6 кВ/см и экспозиции 105 секунд – 93 %, лабораторная всхожесть и 92 % энергия прорастания. Лабораторная всхожесть 93 % и энергия прорастания 91 % были максимальными показателями для режимов с напряженностью 8 кВ/см и 10 кВ/см с экспозицией от 75 до 105 секунд.

На рисунке 3 изображены графические зависимости лабораторной всхожести и энергии прорастания гибрида ЕС Петуния.

После обработки семян гибрида подсолнечника ЕС Петуния были получены следующие результаты: лабораторная всхожесть при напряженности 2 кВ/см и 15...60 секундах воздействия электрического поля не изменялась и оставалась равна контролю, то есть 83 %, экспозиция 75 секунд привела к повышению всхожести на 1 % и составила 84 %, что свидетельствует о полученной дозе, способной влиять на процессы выхода из состояния покоя семени. При экспозиции от 75 до 105 секунд уже был установлен устойчивый прирост лабораторной всхожести, который достиг значения 85 %. Эксперимент с напряженностью 4 кВ/см и экспозицией 15...30 секунд, так же, как и на 2 кВ/см с экспозицией до 60 секунд, ни положительного, ни отрицательного воздействия не оказал, лабораторная всхожесть равнялась контролю, т.е. 83 %, но уже при воздействии 45...60 секунд лабораторная всхожесть повысилась и достигла 85 %, продолжая возрастать до 87 % при времени обработки 105 секунд. На режиме с напряженностью 6 кВ/см начиная с минимальных 15 и до 105 секунд был установлен устойчивый рост показателей лабораторной всхожести от 84 % при экспозиции 15 секунд до 93 % при максимальных 105 секундах воздействия электрического поля.

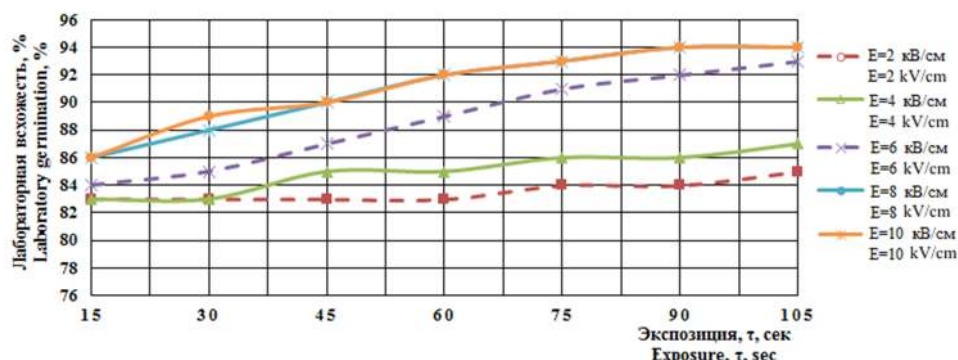


Рисунок 3 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника ЕС Петуния при разной напряженности и времени обработки

Figure 3 – Laboratory germination of sunflower and Petunia hybrid seeds at different intensity and processing time

Эксперименты с напряженностью 8 и 10 кВ/см при экспозиции 15 секунд повышали лабораторную всхожесть до 86 %, превышая тем самым контроль (83 %) на 3 %. Максимальные показатели лабораторной всхожести 94 % были получены при значении напряженности 8 кВ/см с экспозицией 90 секунд, и при напряженности 10 кВ/см с временем обработки 90 – 105 секунд.

Энергия прорастания достигала 90 % при напряженности 6 кВ/см с экспозицией 90 секунд, при напряженности 8 кВ/см с экспозицией 60 секунд – 92 % при напряженности 10 кВ/см с экспозицией 105 секунд. На контроле энергия прорастания составила 80 %.

При проведении опытов с применением регулятора роста Зеребра Агро согласно рекомендациям производителя был приготовлен раствор: на 10 литров воды – 75...100 мл препарата. Обработку семян производили путем распыления рабочей жидкости на семена, находящиеся в пластиковой емкости, при использовании садового опрыскивателя Bertani Floris 4000, перемешивая деревянной лопаткой.

После просушивания семенной материал укладывали в чашки Петри и помещали в шкаф на проращивание.

Полученные результаты обработки семян подсолнечника гибридов НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния – энергия прорастания и лабораторная всхожесть – представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты обработки семян подсолнечника регулятором роста

Table 1 – Results of sunflower seed treatment with the growth regulator

Вариант / Option	НК Неома / NK Neoma		ЛГ 5550 / LG 5550		ЕС Петуния / EU Petunia	
	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %
Контроль / Control	86	87	83	85	80	83
Регулятор роста / Growth Regulator	90	92	87	90	86	89

У всех трех генотипов подсолнечника было отмечено положительное действие примененного препарата, энергия прорастания на 3-и сутки после обработки и помещения в шкаф для проращивания у гибрида подсолнечника НК Неома составила 90 % при контроле 86 %, т.е. энергия прорастания увеличилась на четыре процентных пункта. У гибрида подсолнечника ЛГ 5550 также прибавка составила 4 % по отношению к контролю. Наибольший эффект получен у гибрида ЕС Петуния, энергия прорастания семян, обработанных препаратом, увеличилась на 6 % и достигла 86 % при контроле 80 %.

Лабораторная всхожесть у обработанных семян гибрида подсолнечника НК Неома препаратом Зеребра Агро равнялась 91 %, что дало прибавку к контролю 4%, составляющему 87 %, у гибрида подсолнечника ЛГ 5550 обработанные семена показали результат 90 % при контроле 85 %, прибавка 5 %, у гибрида ЕС Петуния разница лабораторной всхожести между контролем и обработанными семенами составила 6 %, соответственно лабораторная всхожесть 89 % для обработанных семян и 83 % на контроле.

Из трех исследуемых генотипов подсолнечника лучший результат применения препарата Зеребра Агро был отмечен у гибрида ЕС Петуния: энергия прорастания повышалась на 6 %, лабораторная всхожесть – на 6 %, у гибридов НК Неома и ЛГ 5550 показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести были близки друг другу и равнялись 4 %. Следует отметить, что наибольший положительный эффект был получен у гибрида ЕС Петуния, но при этом относительно других исследуемых гибридов результаты по энергии прорастания и лабораторной всхожести были ниже на 1...3 %.

Анализируя полученные экспериментальные данные для предпосевной обработки в электрическом поле, установили, что при напряженности 2 кВ/см и экспозиции 15...75 секунд положительных изменений по всхожести и энергии роста не было установлено, что, на наш взгляд, свидетельствует о малой дозе электрического воздействия, которой недостаточно для пробуждения и стимуляции ростовых процессов. Эксперименты с напряженностью электрического поля 8 кВ/см и 10 кВ/см показали практически одинаковые результаты при всех значениях времени обработки, что позволяет сделать предположение о нерациональности использования режима с напряженностью электрического поля 10 кВ/см.

Исходя из этих соображений при проведении опытов с комплексной предпосевной обработкой, включающей воздействие электрического поля переменного напряжения с последующим полусухим протравливанием препаратом Зеребра Агро, прием начальное значение напряженности электрического поля, при котором были установлены положительные изменения стимуляции 4 кВ/см, а конечным значением – 8 кВ/см. При анализе с точки зрения экспозиции, с шагом в 15 секунд, установлено, что при таком маленьком разбросе полученные значения отличались несущественно или совсем не изменялись, поэтому для уменьшения числа экспериментов экспозиция была принята равной 30, 60 и 90 секунд.

Комплексная предпосевная обработка (электрофизическое воздействие + обработка регулятором роста), при напряженности электрического поля 4 кВ/см и экспозициях 30 и 60 секунд, увеличила всхожесть до 91 % (при контроле 88 %) и энергию прорастания до 90 % (при контроле 87 %). При этом же значении напряженности, но с экспозицией 90 секунд лабораторная всхожесть и энергия прорастания составили 92 %. При увеличении значений действующих факторов – напряженности электрического поля и времени воздействия, было отмечено заметное повышение энергии прорастания относительно контроля: так, при экспозиции 90 сек и напряженности 6 кВ/см энергия прорастания составила 95 % и превышала контроль на 9 %, а всхожесть составила 97 %, что на 9 % выше контроля. При напряженности 8 кВ/см и экспозиции 30 секунд показате-

ли лабораторной всхожести и энергии прорастания сравнялись, стали равны 95 %. С увеличением же времени обработки до 60 секунд на 2 % относительно предыдущего опыта возросла и лабораторная всхожесть, а энергия прорастания достигла 97 %. Дальнейшее увеличение экспозиции обработки до 90 секунд не повлияло на изучаемые показатели, они остались равны 97 %.

Комплексная предпосевная обработка семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550, проводимая при напряженности электрического поля 4, 6 и 8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста, уже при 4 кВ/см и экспозиции 30 секунд, на 4 % увеличили лабораторную всхожесть относительно контроля (85 %), с ростом времени обработки и увеличением напряженности электрического поля, увеличивались показатели лабораторной всхожести, которые достигли 95 % при напряженности 8 кВ/см и экспозиции 60 и 90 секунд, также зафиксировано выравнивание лабораторной всхожести и энергии прорастания. На контроле энергия прорастания равнялась 83 %, а в опытах с напряженностью 8 кВ/см и экспозицией 60 и 90 секунд исследуемый показатель уже равнялся 95 %, что на 12 % выше контроля.

У гибрида ЕС Петуния при напряженности 6 кВ/см и экспозиции 90 секунд, лабораторная всхожесть относительно контроля повышалась на 10 %, а наибольший показатель – 12 % – был получен при напряженности 8 кВ/см с экспозицией 60 и 90 секунд. Энергия прорастания при данном режиме обработки увеличилась на 13 %, достигнув значения 90 %.

Статистическая обработка полученных данных двухфакторного опыта (фактор А – напряженность электрического поля, кВ/см; фактор В – экспозиция, сек) проводилась при помощи дисперсионного анализа при 5% уровне значимости.

Гибрид подсолнечника: НК Неома НСР $A_{05} = 3,64$; НСР $B_{05} = 2,68$

ЛГ 5550 НСР $A_{05} = 3,46$; НСР $B_{05} = 2,42$

ЕС Петуния НСР $A_{05} = 3,81$; НСР $B_{05} = 2,77$

Анализ данных показывает, что эффект обработки семян гибридов подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния при напряженности электрического поля 8 кВ/см и экспозицией 60 секунд значим на пятипроцентном уровне.

Выводы. Эффективный режим обработки семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения и регулятором роста Зеребра Агро обеспечивается при напряженности электрического поля 8 кВ/см, времени обработки 60 секунд, последующей обработки семян водным раствором регулятора роста Зеребра Агро в дозировке, рекомендованной производителем для семян подсолнечника. При таком режиме лабораторная всхожесть гибрида НК Неома выше контроля на 10 %, гибрида ЛГ 5550 – на 8 %, гибрида ЕС Петуния – на 12 %.

Библиографический список

1. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
2. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
3. Беленков А. И., Аксенов М. П., Юдаев И. В. Влияние комплексной предпосевной обработки семян на фитосанитарное состояние посевов подсолнечника в зоне черноземных почв Волгоградской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 92-103.
4. Василенко А. А. Режимы предпосевной обработки семян масличных культур ЭМП СВЧ и устройство для их эффективного осуществления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 169-172.

5. Исаев А. В., Бастрон А. В., Яхонтова В. С. Исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП СВЧ на их энергию прорастания и всхожесть // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4. С. 131-137.

6. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Урожайность и качество семян у сортов крупноплодного подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 31-39.

7. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Чижиков С. А. Реакция гибридов подсолнечника на применение биологически активных веществ в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 40-46.

8. Петров Н. Ю., Юдаев И. В. Повышение эффективности возделывания подсолнечника путем комплексной предпосевной обработки семян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 378-389.

9. Стародубцева Г. П., Ливинский С. А., Любая С. И. Обоснование параметров воздействия импульсного электрического поля при предпосевной обработке семян озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 44-48.

10. Aksenov M. P. Influence of pre-sowing sunflower seeds treatment in electric field and plant growth stimulant on water consumption and yield // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012040.

11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A. A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. V. 10 (8). P. 849-857.

12. Matveeva N. I. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012067.

Conclusions. The effective mode of processing sunflower seeds in an electric field of alternating voltage and with the growth regulator Zerebra Agro is provided at an electric field strength of 8 kV / cm, a processing time of 60 seconds, subsequent treatment of seeds with an aqueous solution of the growth regulator Zerebra Agro, in the dosage recommended by the manufacturer for sunflower seeds. Under this regime, the laboratory germination of the NK Neoma hybrid is 10% higher than the control, the LG 5550 hybrid is 8% higher, and the EU Petunia hybrid is 12% higher.

References

1. Bastron A. V., Isaev A. V., Mescheryakov A. V. Jeffektivnye rezhimy predposevnoj obrabotki semyan ryzhika v jlektromagnitnom pole sverhвысокой частоты // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). P. 4-7.

2. Bastron A. V., Isaev A. V., Mescheryakov A. V. Jeffektivnye rezhimy predposevnoj obrabotki semyan ryzhika v jlektromagnitnom pole sverhвысокой частоты // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). P. 4-7.

3. Belenkov A. I., Aksenov M. P., Yudaev I. V. Vliyanie kompleksnoj predposevnoj obrabotki semyan na fitosanitarnoe sostoyanie posevov podsolnechnika v zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 1. P. 92-103.

4. Vasilenko A. A. Rezhimy predposevnoj obrabotki semyan maslichnyh kul'tur JeMP SVCh i ustrojstvo dlya ih jeffektivnogo osuschestvleniya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). P. 169-172.

5. Isaev A. V., Bastron A. V., Yahontova V. S. Issledovanie vliyaniya stepeni neravnomernosti nagreva semyan rapса v JeMP SVCh na ih jenergiyu prорastaniya i vsxozhest' // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4. P. 131-137.

6. Lukomec V. M., Tishkov N. M. Urozhajnost' i kachestvo semyan u sortov krupnoplodnogo podsolnechnika v zavisimosti ot gустoty stoyaniya rastenij // Maslichnye kul'tury. 2019. № 1 (177). P. 31-39.

7. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov S. A. Reakciya gibridov podsolnechnika na primenenie biologicheskii aktivnykh veshchestv v podzone yuzhnykh chernozemov Volgogradskoi oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 40-46.

8. Petrov N. Yu., Yudaev I. V. Povyshenie jeffektivnosti vozdeystviya podsolnechnika putem kompleksnoj predposevnoj obrabotki semyan // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). P. 378-389.

9. Starodubceva G. P., Livinskij S. A., Lyubaya S. I. Obosnovanie parametrov vozdeystviya impul'snogo jelektricheskogo polya pri predposevnoj obrabotke semyan ozimoi pshenicy // Vestnik APK Stavropol'ya. 2017. № 2 (26). P. 44-48.

10. Aksenov M. P. Influence of pre-sowing sunflower seeds treatment in electric field and plant growth stimulant on water consumption and yield // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012040.

11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A. A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. V. 10 (8). P. 849-857.

12. Matveeva N. I. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012067.

Authors Information

Petrov Nikolaj YU'evich, professor kafedry «Tekhnologiya hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), doktor sel'skohozyajstvennykh nauk, professor

Aksenov Mihail Petrovich, starshij prepodavatel' kafedry «Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki i elektrosnabzhenie» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26),

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Hanin YUrij Ivanovich, docent kafedry «Elektrosnabzhenie i energeticheskie sistemy» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), kandidat tekhnicheskikh nauk

Volobuev Sergej Vasil'evich, docent kafedry «Elektrooborudovanie i elektrohozyajstvo predpriyatij APK» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), kandidat tekhnicheskikh nauk

Ivushkin Denis Sergeevich, assistent kafedry «Elektrooborudovanie i elektrohozyajstvo predpriyatij APK» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26).

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

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),

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Ханин Юрий Иванович, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук

Волобуев Сергей Васильевич, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат технических наук

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).

THE SYSTEM OF COMPUTER MODELING AND INTELLECTUAL MANAGEMENT OF PROGRAMMABLE AGRICULTURAL PRODUCTION BASED ON RETROSPECTIVE DATA

A. F. Rogachev^{1,2}, E.V. Melikhova¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*All Russian research Institute of irrigated agriculture, Volgograd*

Received 12.03.2021

Submitted 25.05.2021

*The article was prepared with the financial support of the RFBR and the Administration
of the Volgograd region under project No. 19-416-340014*

Summary

The article describes a software system for computer modeling of management of programmable agricultural production based on retrospective data on weather conditions in order to optimize the irrigation regime of agricultural crops for the planned yield.

Abstract

Introduction. Computer support of irrigated land management technologies requires the creation of specialized information and analytical systems. The article discusses the creation of information and analytical systems for collecting, storing and analyzing numerous data on the components of natural impact on grown plants and the results of long-term exploitation of irrigated agricultural land [1]. **Materials and methods.** The aim of the study is to substantiate the architecture and develop a program for managing programmed agriculture, in particular, the water regime of irrigated crops with various methods of irrigation in the modes of project and operational management. Substantiated is the simulation of mathematical modeling of the development and water consumption of plants, taking into account the type and method of irrigation of the crop, agro-climatic conditions of cultivation, including agrotechnological characteristics of the soil, as well as the phases of vegetation, taken into account with the sum of accumulated temperatures. The Penman-Monteith dependence was taken as the algorithmic kernel for calculating the model to determine the value of the reference evapotranspiration. The calculation of the simulated current value of soil moisture in the predicted mode was carried out according to the Alpatiev formula. For the synthesis of information systems, well-known methods of their design were used, including the synthesis of the database structure and the implementation of the above algorithms. **Results and conclusions.** The created information systems of the reference category are designed to provide a set of auxiliary information about the parameters of a controlled object or process, while the assessment of information is entrusted to the decision-maker. The basic components of the system have been developed, including the computer program «Optimization of the technology of irrigation of agricultural crops for the planned yield», the database «Parameters for calculating irrigation regimes for agricultural crops, taking into account the heat and moisture supply of the region» of the relational type, connecting their interfaces, as well as the technology of use. The program implements a visual visualization of the results of the calculations performed, in particular, the dynamics of the moisture content in the soil, which, if necessary, can be output to a file and print. The composition of the indicators displayed by the program can be flexibly customized according to the user's requirements. The use of computerized information and advisory systems in irrigated agriculture makes it possible to increase the scientific validity in the implementation of the specified irrigation regimes for agricultural crops. The developed software system, functioning in two modes - predictive and corrective, provides an increase in the sustainability of agricultural crops cultivation, achieved by increasing the validity of the management of irrigation processes based on predicting the timing and number of irrigations calculated for a given yield. The use of information and advisory systems, implemented through the developed computer program, for the cultivation of irrigated crops, ensures the economy of irrigation water and increases the validity of management decisions in the field of growing irrigated crops by ensuring the possibility of more accurate compliance with the projected parameters of the irrigation regime.

Keywords: *programmable agricultural production. computer modeling, control system, retrospective data, yield.*

Citation. Rogachev A. F., Melikhova E.V. The system of computer modeling and intellectual management of programmable agricultural production based on retrospective data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 390-403 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-40.

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 631.4:519.85

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫМ АГРАРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ

А. Ф. Рогачев^{1,2}, доктор технических наук, профессор

Е. В. Мелихова¹, доктор технических наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2021

Дата принятия к печати 25.05.2021

*Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ
и Администрации Волгоградской области по проекту № 19-416-340014*

Актуальность. Компьютерное обеспечение технологий управления орошаемыми землями требует создания специализированных информационно-аналитических систем (ИАС). В статье рассматривается создание ИАС, предназначенных для сбора, хранения и анализа многочисленных данных о компонентах природного воздействия на выращиваемые растения и результатах многолетней эксплуатации орошаемых земель сельскохозяйственного назначения. **Материалы и методы.** Целью исследования являются обоснование архитектуры и разработка программы управления программируемым земледелием, в частности водным режимом орошаемых сельскохозяйственных культур при различных способах орошения в режимах проектного и оперативного управления. Обосновано проведение имитационного математического моделирования развития и водопотребления растений, учитывающего вид и способ полива культуры, агроклиматические условия возделывания, включая агротехнологические характеристики почвы, а также фазы вегетации, учитываемые с суммой накопленных температур. Алгоритмическим ядром расчета модели принималась зависимость Пенмана-Монтейта для определения значения эталонной эвапотранспирации. Расчет моделируемого текущего значения влажности почвы в прогнозном режиме производился по формуле Алпатьева. Для синтеза информационных систем (ИС) использовались известные методы их проектирования, включая синтез структуры базы данных (БД) и реализацию приведенных алгоритмов. **Результаты и обсуждение.** Создаваемые ИС категории справочные предназначены для обеспечения совокупностью вспомогательной информацией о параметрах управляемого объекта либо процесса, при этом оценивание информации возложено на лицо, принимающее решение ЛПР. Разработаны базовые компоненты системы, включая компьютерную программу «Оптимизация технологии орошения сельскохозяйственных культур под планируемую урожайность», базу данных «Параметры для расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом тепло- и влагообеспеченности региона» реляционного типа, связывающие их интерфейсы, а также технологию использования. Программой реализована наглядная визуализация результатов выполняемых расчетов, в частности динамики содержания влаги в почве, которая при необходимости может выводиться в файл и на печать. Состав выводимых программой показателей можно гибко настраивать по требованиям пользователя. **Выводы.** Применение компьютеризованных информационно-советующих систем (ИСС) в орошаемом земледелии позволяет повысить научную обоснован-

ность при реализации задаваемых режимов орошения сельскохозяйственных культур. Разработанная программная система, функционирующая в двух режимах – прогнозном и корректирующем, обеспечивает повышение устойчивости возделывания сельскохозяйственных культур, достигаемое за счет повышения обоснованности управления оросительными процессами на основе прогнозирования сроков и числа поливов, рассчитываемых под заданную урожайность. Применение ИСС, реализуемых посредством разработанной компьютерной программы, для выращивания орошаемых сельскохозяйственных культур, обеспечивает экономию оросительной воды и повышение обоснованности управленческих решений в области выращивания орошаемых сельскохозяйственных культур за счет обеспечения возможности более точного поддержания запрограммированных параметров режима орошения.

Ключевые слова: программируемое сельскохозяйственное производство, компьютерное моделирование, ретроспективные данные, ИСС.

Цитирование. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Система компьютерного моделирования и интеллектуального управления программируемым аграрным производством на основе ретроспективных данных. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 390-403. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-40.

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. Обеспечение стабильного эколого-мелиоративного состояния агроландшафтов, предотвращение их водной деградации и выхода из строя возможно за счет повышения качества управления в области использования орошаемых земель, которое требует компьютерной поддержки на основе цифровых информационных технологий (ИТ). Компьютерное обеспечение технологий управления орошаемыми землями требует создания специализированных информационно-аналитических систем [1], предназначенных для сбора, хранения и анализа многочисленных данных о компонентах природного воздействия на выращиваемые растения и результатах многолетней эксплуатации орошаемых земель сельскохозяйственного назначения [1].

Повышение качества управления эксплуатацией гидромелиоративных систем и его научной обоснованности, предотвращение деградации и выбытия орошаемых земель требует совершенствования компьютерных информационных систем. Такие системы предназначены для выборки экономически обоснованных управленческих решений по оптимизации возделывания сельскохозяйственных культур на основе анализа многочисленных данных и информации о природных условиях и техногенных показателях состояния мелиоративных земель. Для рационализации использования ограниченных водных ресурсов требуется применение компьютерной системы по поддержке управленческих решений по распределению подачи воды на севообороты, функционирующей на базе оптимизационных математических алгоритмов, включая нейросетевые [5, 16].

Исследованию цифровых ИТ и математических алгоритмов в управлении гидромелиоративными процессами посвящены работы Кружилина И. П., Щедрина В. Н., Бородычева В. В., Васильева С. М., Гагарина А. Г., Лытова М. Ю., Иванова П. В., Кавокина А. А., Кардаша В. А., Корсака В. В., Николаенко А. Н., Пронько Н. А., Фальковича А. С., Юрченко И. Ф. и др. [10, 11, 12].

Компьютеризованные технологии управления мелиоративной деятельностью, включая системы поддержки решения (СПР), по функциональному назначению делятся на информационно-справочные, советующие и управляющие.

Совокупность агробиологических и технологических параметров состояния орошаемых земель и природно-климатических факторов, в условиях технико-технологических, эколого-экономических ограничений, определяют потребность в создании оптимизированных систем поддержки решения при возделывании орошаемых культур [7, 9]. Последние могут использовать данные дистанционного зондирования почв, получаемые с помощью спутников и БПЛА, мобильных технологических агрегатов и ДМ, а также посредством ГИС-технологий [1, 4, 13, 18].

Материалы и методы. Целью исследования является обоснование архитектуры и разработка программы управления водным режимом орошаемых сельскохозяйственных культур при различных способах орошения в режимах проектного и оперативного управления.

С целью управления водным режимом возделываемых культур необходимо проведение математического, в том числе имитационного, моделирования процессов их развития и водопотребления [5, 14, 15, 17]. Моделирование позволяет учитывать вид и способ полива культуры, агроклиматические условия возделывания, включая агротехнологические характеристики почвы, а также фазы вегетации, учитываемые с суммой накопленных температур и др. [12].

Алгоритмическим ядром расчета модели может приниматься зависимость (1) Пенмана-Монтейта для определения значения эталонной эвапотранспирации ET_0 , [9], определяющая суммарное подекадное водопотребление и описываемое формулой:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)}, \quad (1)$$

где R_n – уровень чистой радиации на поверхности растений, G – плотность воздействующего на почву теплового потока, t – температура воздуха, среднесуточно определяемая на высоте 2 м, U_2 – скорость ветра на этой же высоте, e_s – давление насыщения водяного пара, e_a – фактическое давление водяного пара, Δ – уклон кривой давления водяного пара, γ – значение психрометрической константы.

Расчет моделируемого текущего значения W влажности почвы в прогнозном режиме производился по математической зависимости (2):

$$W = W - Kt * Kt_{\text{нопр}} * St_j * Kof + \frac{P_j}{D}, \quad (2)$$

где Kt – переменное значение биоклиматического коэффициента, вычисляемое для текущей суммы накопленных среднесуточных температур; $Kt_{\text{нопр}}$ – корректирующий коэффициент для Kt ; St_j – среднедекадная температура для декады j ; Kof – коэффициент влагообмена, определяемый для текущего значения накопленной суммы температур; P_j – суммарные осадки для декады j ; D – количество дней в текущей декаде.

Для синтеза ИС использовались известные методы их проектирования, включая синтез структуры базы данных (БД) и реализацию приведенных алгоритмов [2, 3, 7, 8].

Код разработанной программы ИС реализовывался в среде Borland Delphi 7, формат данных принимался dBase 4. Программа предназначена для решения следующих основных задач:

- ведение БД параметров оросительных технологий;
- интерактивная поддержка реализации научно обоснованных режимов орошения;
- визуализация и экспорт результатов расчетов.

База статистических данных технологий орошения и параметров севооборотов включает более десятка нормализованных реляционных таблиц, взаимосвязанных между собой.

Результаты и обсуждение. Создаваемые информационные системы (ИС) категории справочные предназначены для обеспечения совокупностью вспомогательной информации о параметрах управляемого объекта либо процесса, при этом оценивание информации возложено на лицо, принимающее решение ЛПР. Информационно-советующие системы (ИСС) обеспечивают более высокий уровень автоматизации, дополнительно генерируя некоторые альтернативы управленческих решений, которые могут приниматься и анализироваться ЛПР [3]. В отличие от них информационно-управляющие системы (ИУС) реализуют высшую степень автоматизации, реализуя выработываемые автоматически управленческие решения [9].

Согласно этой классификации, разработанная в Лаборатории прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур Волгоградского ГАУ совместно с ВНИИОЗ компьютерная программа «Оптимизация и оперативное управление технологиями орошения сельскохозяйственных культур под планируемую урожайность» (свидетельство о государственной регистрации № 2008613351) относится к ИСС. Интерактивный интерфейс разработанной программы позволяет организовать взаимодействие с БД (Свидетельство о государственной регистрации № 2017620719).

Алгоритмическое ядро программы включает 5 блоков: метеоданные; параметры почв; совокупность биологических данных; технико-технологические данные; блок моделирования и расчетов. Для наглядности и удобства выбора вкладки на главном окне программы выделены разными цветами. Вкладки задают алгоритм последовательного ввода исходных данных, реализуемый перед использованием программы.

Первая вкладка «Метеорологический блок» обеспечивает интерактивный ввод гидрометеоданных, получаемых по метеостанциям федеральных округов: полные даты; температуры воздуха; атмосферные осадки; скорость ветра; влажность воздуха (рисунок 1). Отдельная кнопка «Календарь» вызывает окно календаря, облегчая подекадное заполнение Метеоданных.

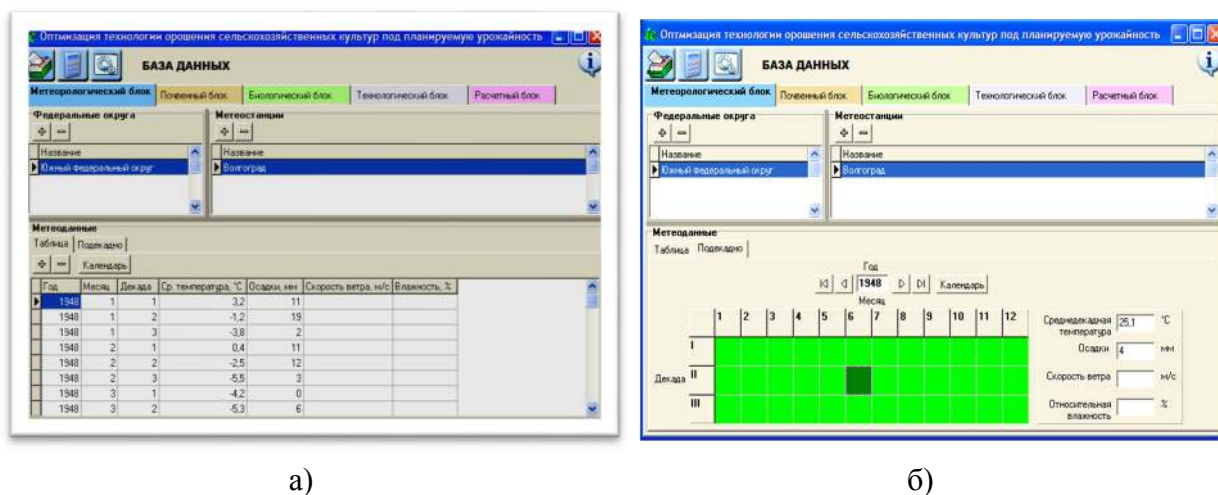


Рисунок 1 – Рабочие окна разработанной программы: Метеорологический блок БД; а) табличное представление метеоданных; б) подекадное представление метеоданных)

Figure 1 – Working windows of the developed program: Meteorological database block; a) tabular representation of meteorological data; b) sub-decadal representation of meteorological data)

Вторая из вкладок интерфейса программы «Почвенный блок» (рисунок 2) объединяет поля ввода данных об орошаемых почвах. К ним относятся все основные характеристики почвы. Для отдельных способов орошения предусмотрены дополнительные данные, например, при поливе по бороздам или полосам вводится удельный расход воды.

База данных

Метеорологический блок | **Почвенный блок** | Биологический блок | Технологический блок | Расчетный блок

Типы почвы

Тип: каштановые

Подтип: песчаные, супесчаные

Плотность, т/м³: 1,3

Наименьшая влагоемкость, %: 22,4

Максимальная гигроскопичность, %: 5,6

Объемная масса расчетного слоя почвы, т/м³: 1,2

Влажность расчетного слоя почвы, в % от массы сухой почвы: 8

Средняя скорость впитывания за 1-ю ед. времени, м/ч: 0,15

Коэффициент затухания скорости впитывания: 0,2

Удельный расход воды (полосы), л/с: 10

Удельный расход воды (борозды), л/с: 2

Тип	Подтип	Плотность	Наименьшая влагоемкость, %	Максимальная гигр	Объемная масса ра
▶ каштановые	песчаные, супесчаные	1,3	22,4	5,6	
каштановые	Легкосуглинистые	1	0	0	
каштановые	Среднесуглинистые	1	0	0	
глинистые	Тяжелосуглинистые	1	0	0	

Рисунок 2 – Окно вкладки «Почвенный блок» интерфейса ввода данных

Figure 2 – Window of the "Soil block" tab of the data entry interface

Совокупность сведений о сельскохозяйственных культурах вводят в рабочем окне третьей вкладки – «Биологический блок». Вкладка «Биологический блок» интерфейса программы (рисунок 3) объединяет поля ввода данных о сельскохозяйственных культурах.

База данных

Метеорологический блок | Почвенный блок | **Биологический блок** | Технологический блок | Расчетный блок

Культуры

Биоклиматические коэффициенты суммарного испарения

Название: Кукуруза

Сорт: Сорт 1

Вид продукции: зерно

Урожайность, т/га: 10

Потребная сумма температур для завершения вегетации, °C: 3000

Коэффициенты влагообмена

Период	Значение	Предел, °C
I период	0,9	900
II период	0,8	2200
III период	0,7	3100

Предполивной порог

Период	Значение	Предел, °C
I период	0,7	900
II период	0,8	2200
III период	0,7	3100

Укосы

Количество: 0

Потребная сумма температур для формирования укосов:

Укос	Значение
1-й	0
2-й	0
3-й	0
4-й	0
5-й	0

Расчетный слой увлажнения, м

Тип	Значение
дождевание	0,7
поверхностное (полосы)	1
поверхностное (борозды)	0,9
капельное	0,4

Название	Сорт	Вид	Урожайн	Потребн	Число укосов	Потребн	Потреб	Потреб	Потреб	Потреб	КВ	зн
▶ Кукуруза	Сорт 1		10	3000	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3 – Рабочее окно «Биологический блок»

Figure 3 – Working window «Biological block»

Данные о культурах включают наименование и сорт возделываемой сельскохозяйственной культуры, а также вид получаемой продукции. Также вводятся урожайность; сумма накопленных температур для установления момента завершения вегетации и ряд других. Кнопка «Виды продукции» позволяет вызвать окно Справочника видов продукции (рисунок 4).

Дополнительная вкладка «Биоклиматические коэффициенты» обеспечивает ввод значений величин биоклиматических коэффициентов испарения по каждой из культур с учетом накопленной суммы температур.

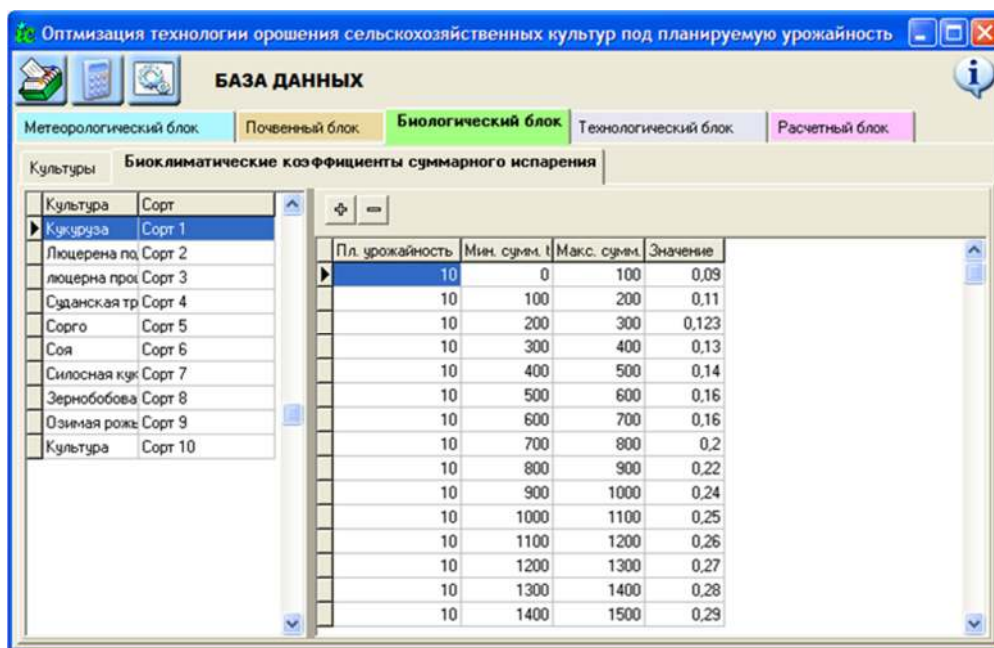


Рисунок 4 – Справочник «Виды сельскохозяйственной продукции», режим «Ввод биоклиматических коэффициентов суммарного испарения»

Figure 4 – Reference book «Types of agricultural products», mode «Input of bioclimatic coefficients of total evaporation»

Процедура интерактивного ввода данных в форму вкладки частично автоматизирована. Значение планируемой урожайности дублируется из предыдущей строки; значение минимальной суммы температур приравнивается к значению максимальной суммы температур из предыдущей строки; значение максимальной суммы температур увеличивается на разность температур в предыдущей строке; значение биоклиматического коэффициента дублируется из предыдущей строки.

На четвертой вкладке «Технологический блок» сведены данные о поливальных машинах [10]; значения расхода воды, а также коэффициенты, характеризующие использование дождевальными машинами (ДМ) рабочего времени (рисунок 5).

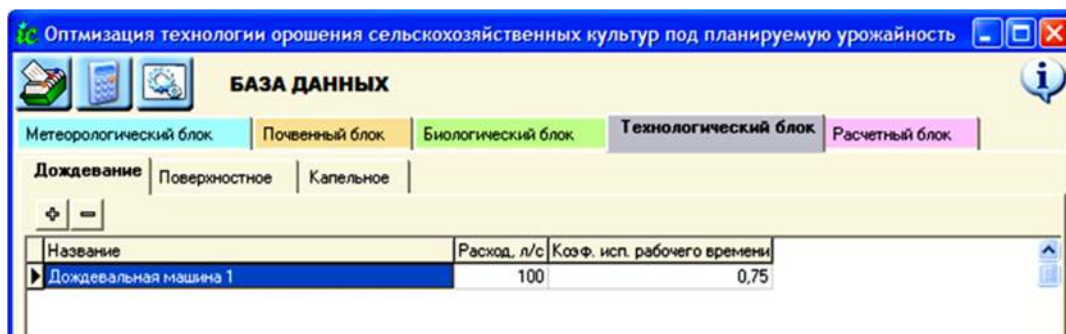


Рисунок 5 – Интерфейс вкладки «Технологический блок»: ввод типа и параметров ДМ

Figure 5 – Interface of the «Process unit» tab: entering the type and parameters of the sprinkler machine

На пятой вкладке «Расчетный блок» предусмотрен ввод параметров для расчета влажности – данные о значениях коэффициента испарения и m_e (рисунок 6) для различных скоростей ветра и температурах воздуха для различных периодов вегетации.



Рисунок 6 – Интерфейс вкладки «Расчетный блок»: ввод коэффициента испарения

Figure 6 – Interface of the Calculation Block tab: entering the evaporation coefficient

Разработанная Программа может использоваться в двух основных режимах:

- прогнозном;
- корректирующем.

Прогнозный режим обеспечивает расчет под планируемую урожайность значений поливных норм, числа и продолжительностей поливов, оросительных норму (рисунок 7).

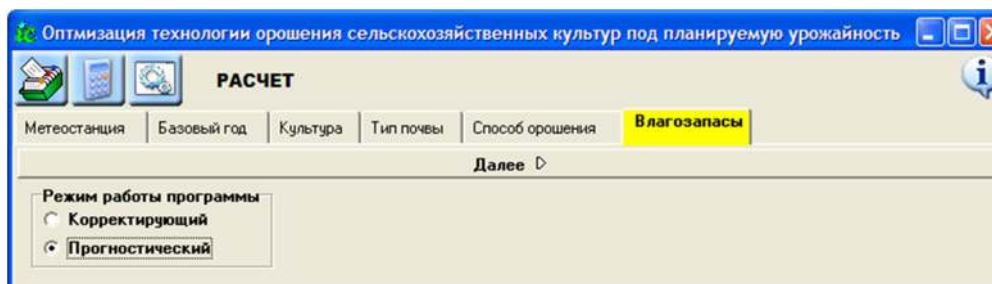


Рисунок 7 – Выбор режима работы

Figure 7 – Selecting the operating mode

Для реализации прогнозного режима расчета поливных норм для планируемой урожайности орошаемых культур требуется предварительный ввод исходных данных.

Технология использования системы включает следующие 6 этапов, реализующие ввод соответствующих им данных.

На этапе 1 вводятся наименование федерального округа и метеостанции (рисунок 8).

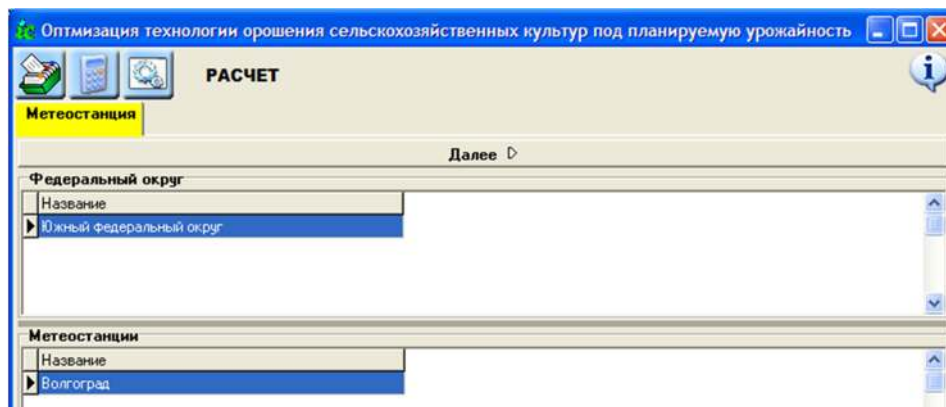


Рисунок 8 – Этап 1: ввод данных «Метеостанция»

Figure 8 – Step 1: data entry «Weather Station»

На этапе 2 вводятся ежегодные данные биоклиматических показателей (рисунок 9), разбитых по месяцам и учитываемым декадам.

Оптимизация технологии орошения сельскохозяйственных культур под планируемую урожайность

РАСЧЕТ

Метеостанция **Базовый год**

Далее >

Базовый год для прогноза температуры и осадков: **1986**

Год	Месяц	Декада	Ср. температура	Осадки	Скорость ветра	Влажность
1948	1	1	-3,2	11		
1948	1	2	-1,2	19		
1948	1	3	-3,8	2		
1948	2	1	0,4	11		
1948	2	2	-2,5	12		
1948	2	3	-5,5	3		
1948	3	1	-4,2	0		
1948	3	2	-5,3	6		
1948	3	3	0,7	19		
1948	4	1	5,2	0		
1948	4	2	10,4	0		
1948	4	3	6,6	24		
1948	5	1	17,3	4		
1948	5	2	18,7	0		
1948	5	3	22,2	11		

Рисунок 9 – Этап 2: ввод данных «Базовый год»

Figure 9 – Step 2: entering the «Base year data»

На этапе 3 на вкладке «Культура» вводят данные о сельскохозяйственной культуре: наименование, сорт, а также вид сельскохозяйственной продукции (рис. 10).

Оптимизация технологии орошения сельскохозяйственных культур под планируемую урожайность

РАСЧЕТ

Метеостанция Базовый год **Культура**

Далее >

Дата начала вегетации: **10.05.2008**

Название	Сорт	Вид продукции
Кукуруза	Сорт 1	
Люцерна под покровом ос	Сорт 2	
люцерна прошлых лет	Сорт 3	
Суданская трава	Сорт 4	
Сорго	Сорт 5	
Соя	Сорт 6	

Планируемая урожайность

Планируемая урожайность
6
7
8
9
10

Значение Kt

Мин. сумм. t	Макс. сумм. t	Значение Kt
0	100	0,03
100	200	0,1
200	300	0,1
300	400	0,105
400	500	0,115
500	600	0,12
600	700	0,135

Рисунок 10 – Этап 3: ввод данных «Орошаемая сельскохозяйственная культура»

Figure 10 – Step 3: data entry «Irrigated agricultural crop»

На этапе 4 водится тип и подтип почвы, а также их агрофизические свойства. Предусмотрена возможность задания большинства базовых параметров, учитываемы в последующих расчетах (рисунок 11).

Расчет

Метеостанция | Базовый год | Культура | **Тип почвы**

Далее >

Тип почвы

Тип	Подтип
каштановые	песчаные, супесчаные
каштановые	Легкосуглинистые
каштановые	Среднесуглинистые
глинистые	Тяжелосуглинистые

Содержание влаги в почве при наименьшей влагоемкости, мм: 131,25

Начальные влагозапасы, мм: 118,13

☒ автоматически $\times 0,9$

Глубина залегания грунтовых вод, м: 5

Плотность, т/м³: 1

Наименьшая влагоемкость, %: 0

Максимальная гигроскопичность, %: 0

Объемная масса расчетного слоя почвы, т/м³: 1,25

Влажность расчетного слоя почвы, в % от массы сухой почвы: 15

Средняя скорость впитывания за 1-ю ед. времени, м/ч: 0,125

Коэффициент затухания скорости впитывания: 0,4

Удельный расход воды (полосы), л/с: 10

Удельный расход воды (борозды), л/с: 2

Рисунок 11 – Этап ввода данных «Тип и агрофизические характеристики почв»

Figure 11 – Data entry stage «Soil type and agrophysical characteristics»

На вкладке «Способ орошения» (рисунок 12) выбирают из справочника «способ орошения», в зависимости от него вводят характеристики.

Расчет

Метеостанция | Базовый год | Культура | Тип почвы | **Способ орошения**

Далее >

Способы орошения

- ☒ дождевание
- ☐ поверхностное (полосы)
- ☐ поверхностное (борозды)
- ☐ капельное

Площадь поля, га: 5

Продолжительность полива: 0

Наименование: Дождевальная машина 1

Расход, л/с: 100

Полив по полосам

расход воды, л/с: 200

длина полосы, м: 300

ширина участка, м: 100

удельный расход воды, л/с: 10

ср. скорость впитывания за 1-ю ед. времени, м/ч: 0,125

скорость затухания впитывания: 0,4

поправочный коэффициент для Kt: 1,2

а)

б)

Рисунок 12 – Этап ввода данных: «Способ орошения»

а) Дождевание; б) Способ орошения – поверхностный, по полосам)

Figure 12 – Data entry stage: «Irrigation method»

а) Sprinkling; б) Irrigation method – surface, by stripes)

В частности, при орошении дождеванием (рисунок 11а) указывают следующие данные: площадь орошаемого поля, время полива, наименование дождевальной машины, расход воды при поливе, а также коэффициент использования рабочего времени. При поливе по полосам указывается расход воды в л/с, длина полосы, ширина участка, в зависимости от типа почвы, удельный расход воды, средняя скорость впитывания за первую единицу времени, скорость затухания впитывания и поправочный коэффициент для K_t .

Программой также реализована наглядная визуализация результатов выполняемых расчетов, в частности динамики содержания влаги в почве, которая при необходимости может выводиться в файл и на печать. Состав выводимых программой показателей можно гибко настраивать по требованиям пользователя. Результаты расчетов можно выводить в табличной форме или графическом виде (рисунок 13).

Приведенная на рисунке 13 диаграмма наглядно демонстрирует прогнозируемое изменение влажности почвы в соответствии с осадками и предположительными порогами в процессе реализации заданного режима орошения по фазам вегетационного цикла.

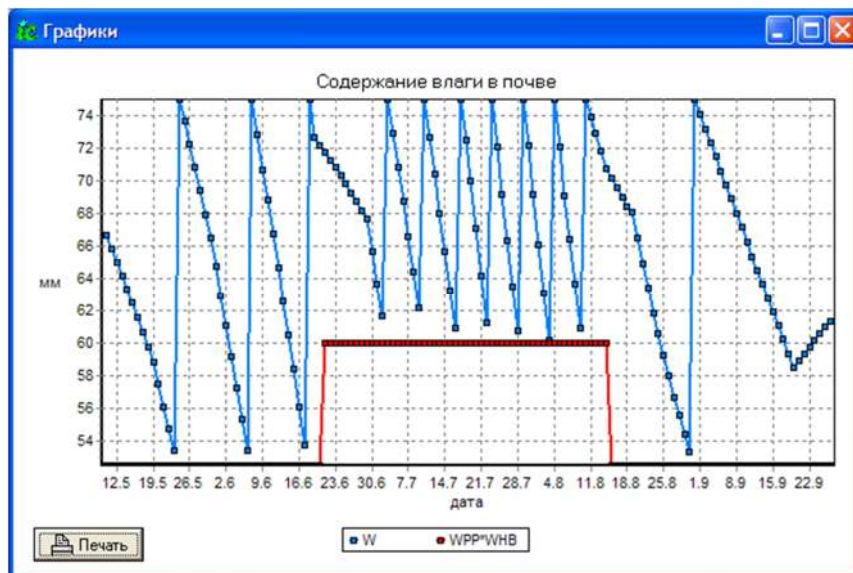


Рисунок 13 – Диаграмма предположительных порогов влажности и динамики почвенной влажности

Figure 13 – Diagram of pre-flood humidity thresholds and soil moisture dynamics

Тестирование разработанной программы осуществлялось совместно с ГНУ ВНИИОЗ по данным, полученным на опытных полях хозяйства «Орошаемое» Волгоградской области.

Выводы.

1. Применение информационно-советующих систем (ИСС) в орошаемом земледелии позволяет повысить научную обоснованность при реализации задаваемых режимов орошения сельскохозяйственных культур.
2. Разработанная программная система, функционирующая в двух режимах – прогнозном и корректирующем, – обеспечивает повышение устойчивости возделывания сельскохозяйственных культур, достигаемое за счет повышения обоснованности управления оросительными процессами на основе прогнозирования сроков и числа поливов, рассчитываемых под заданную урожайность.
3. Применение ИСС, реализуемых посредством разработанной компьютерной программы, для выращивания орошаемых сельскохозяйственных культур обеспечивает экономию оросительной воды и повышение обоснованности управленческих решений в области выращивания орошаемых сельскохозяйственных культур за счет обеспечения возможности более точного выдерживания запроектированных параметров режима орошения.

Библиографический список

1. Аксенов А. Г. Анализ интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 46-51.
2. Алтыбаев А. Н. К формированию онтологии информационной системы для поддержки принятия инженерно-технологических решений в агробизнесе // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 1 (16). С. 298-303.
3. Векленко В. И., Петренко Н. Н., Пашков В. Ю. Проектирование базы данных системы моделей оптимального планирования сельскохозяйственного производства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 33-36.

4. Васильев С. М., Митяева Л. А. Оценка процессов деградации орошаемых земель в рамках калибровки сервисов мониторинга сельскохозяйственных земель // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4 (24). С. 70-85. https://elibrary.ru/download/elibrary_27320488_67297494.pdf

5. Гагарин А. Г., Рогачев А. Ф. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования урожайности на основе анализа кросс-региональных данных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 339-346.

6. Герасимов А. Н., Башкатова Т. А. Информационно-аналитический инструментарий обоснования управленческих решений в экономике традиционно аграрного региона // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 20/1 (4). С. 8-12.

7. Глазунов Г. П., Афонченко Н. В., Санжаров А. И. Структура базы данных природно-ресурсного потенциала агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 6-11.

8. Ильиных А. Л. Разработка базы данных автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Гео-Сибирь. 2011. Т. 3. № 2. С. 124-129.

9. Мелихова Е. В. Моделирование и обоснование ресурсосберегающих параметров капельного орошения при возделывании корнеплодов: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 112 с.

10. Мелихова Е. В., Бородычев В. В., Рогачев А. Ф. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 30-36.

11. Николаенко А. Н., Кавокин А. А. Концепция разработки информационно-аналитической системы "Мелиорация" // Природообустройство. 2019. № 3. С. 6-13.

12. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 21-28.

13. Подлипов В. В., Щедрин В. Н., Бабичев А. Н. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 5. С. 877-884.

14. Рогачев А. Ф. Системный анализ и прогнозирование временных рядов урожайности на основе автокорреляционных функций и нейросетевых технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 309-316.

15. Control over grape yield in the north-eastern region of ukraine using mathematical modeling / B. Shulika, A. Porvan, O. Vysotska, A. Nekos, A. Zhemerov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 2/3 (86). Pp. 51-59.

16. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.

17. Russello H. Convolutional neural networks for crop yield prediction using satellite images // IBM Center for Advanced Studies. 2018. <https://esc.fnwi.uva.nl/thesis/centraal/files/f1570224447.pdf>.

18. Trukhachev V. I. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.

Conclusions.

1. The use of information and advisory systems (ISS) in irrigated agriculture allows to increase the scientific validity of the implementation of the specified irrigation regimes of agricultural crops.

2. The developed software system, which operates in two modes – predictive and corrective-provides an increase in the stability of crop cultivation, achieved by increasing the validity of irrigation process management based on the prediction of the timing and number of watering calculated for a given yield.

3. The use of ISS implemented through the developed computer program for the cultivation of irrigated crops provides irrigation water savings and increases the validity of management decisions in the field of growing irrigated crops by providing the possibility of more accurate maintenance of the projected parameters of the irrigation regime.

References

1. Aksenov A. G. Analiz intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij v sel'skom hozyajstve // *Jelektrotehnologii i jelektrooborudovanie v APK*. 2019. № 3 (36). P. 46-51.
2. Altybaev A. N. K formirovaniyu ontologii informacionnoj sistemy dlya podderzhki prinyatiya inzhenerno-tehnologicheskikh reshenij v agrobiznese // *Innovacii v sel'skom hozyajstve*. 2016. № 1 (16). P. 298-303.
3. Veklenko V. I., Petrenko N. N., Pashkov V. Yu. Proektirovanie bazy dannyh sistemy modellej optimal'nogo planirovaniya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2013. № 1. P. 33-36.
4. Vasil'ev S. M., Mityaeva L. A. Ocenka processov degradacii oroshaemyh zemel' v ramkah kalibrovki servisov monitoringa sel'skohozyajstvennyh zemel' // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2016. № 4 (24). P. 70-85.
https://elibrary.ru/download/elibrary_27320488_67297494.pdf
5. Gagarin A. G., Rogachev A. F. Primenenie iskusstvennyh neyronnyh setej dlya prognozirovaniya urozhajnosti na osnove analiza kross-regional'nyh dannyh // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. № 2. P. 339-346.
6. Gerasimov A. N., Bashkatova T. A. Informacionno-analiticheskij instrumentarij obosnovaniya upravlencheskikh reshenij v jekonomike tradicionno agrarnogo regiona // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2016. № 20/1 (4). P. 8-12.
7. Glazunov G. P., Afonchenko N. V., Sanzharov A. I. Struktura bazy dannyh pri-rodno-resursnogo potentsiala agrolandshaftov // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2017. № 8. P. 6-11.
8. Il'inyh A. L. Razrabotka bazy dannyh avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // *Geo-Sibir*. 2011. T. 3. № 2. P. 124-129.
9. Melihova E. V. Modelirovanie i obosnovanie resursosberegayuschih parametrov kapel'nogo orosheniya pri vozdeleyvanii korneplodov: monografiya. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. 112 p.
10. Melihova E. V., Borodychev V. V., Rogachev A. F. Funkcional'no-morfologicheskij analiz i sovershenstvovanie tehniceskikh sredstv kombinirovannogo orosheniya // *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*. 2018. № 4. P. 30-36.
11. Nikolaenko A. N., Kavokin A. A. Konceptiya razrabotki informacionno-analiticheskoy sistemy "Melioraciya" // *Prirodoobustrojstvo*. 2019. № 3. P. 6-13.
12. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov / V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, B. C. Bocharnikov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2015. № 4 (40). P. 21-28.
13. Podlipnov V. V., Schedrin V. N., Babichev A. N. Eksperimental'noe opredelenie vlazhnosti pochvy po giperspektral'nym izobrazheniyam // *Komp'yuternaya optika*. 2018. T. 42. № 5. P. 877-884.
14. Rogachev A. F. Sistemnyj analiz i prognozirovaniye vremennyh ryadov urozhajnosti na osnove avtokorreljacionnyh funkcij i nejrosetevykh tehnologij // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. № 3 (51). P. 309-316.
15. Control over grape yield in the north-eastern region of ukraine using mathematical modeling / B. Shulika, A. Porvan, O. Vysotska, A. Nekos, A. Zhemerov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 2/3 (86). Pp. 51-59.
16. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // *Espacios*. 2018. V. 39. № 1. P. 1.

17. Russello H. Convolutional neural networks for crop yield prediction using satellite images // IBM Center for Advanced Studies. 2018. <https://esc.fnwi.uva.nl/thesis/centraal/files/f1570224447.pdf>.

18. Trukhachev V. I. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.

Information about the author

Alexey F. Rogachev, Professor, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Elena V. Melikhova, Head of the Department of Mathematical Modeling and Computer Science, Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, mel-v07@mail.ru

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/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Мелихова Елена Валентиновна, заведующий кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д.26), доктор технических наук, доцент <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, mel-v07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-41

SELECTION OF THE METHOD OF MOVEMENT OF THE SORGHUM COMBINE WHEN HARVESTING THE BROOM SORGHUM

A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, V.A. Baril

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.03.2021

Submitted 28.05.2021

Summary

A comparison is made of four standard non-loop ways of moving a combine harvester when harvesting broom sorghum: with the expansion of the combined mowing from the periphery of the pen to its center, and with the overlap with the expansion of the mowing by the value of the working stroke coefficient. It is established that the values of the coefficient of working strokes for the gon non-loop methods of movement used for harvesting broom sorghum differ by no more than 2%, but at the same time the maximum value of the coefficient of working strokes, and, consequently, the operating productivity, has a sorghum harvester when using the gon non-loop combined method of movement. It is possible to significantly increase the productivity of the sorghum harvester for harvesting broom sorghum by using the gon shuttle method of movement.

Abstract

Introduction. Labor productivity in agricultural production largely depends on the potential capabilities of the existing machine and tractor fleet of the economy and is determined by a number of indicators, including the productivity of machine and tractor units, which depends not only on the technical capabilities of the machines that make up the unit, but also on the conditions and the organization of its work. Until now, there are practically no publications related to the study of the influence of the methods of movement of units during agricultural work on their productivity. The purpose of this work is to determine the most efficient way of moving a sorghum harvester in terms of productivity while harvesting broom sorghum. **Materials and methods.** Based on the analysis of the materials of scientific works, it has been established that it is possible to assess the performance of a sorghum harvester when using possible methods of movement on the paddock when harvesting crops in the same conditions by the coefficient of working strokes. Knowing the coefficient of the working strokes ϕ , it is possible to determine the operational performance of the sorghum harvester without linking its determination with many different factors, but to determine it as a function of the technical capabilities of the combine, the kinematics of its movement and the size of the corral to

be removed. **Results and conclusions.** When harvesting broom sorghum, several ways of moving the sorghum harvester on the paddock can be used: loopless rutting with swath widening; loopless combined rut; loopless rutting from the periphery of the corral to its center; loopless overlap with swath widening. Having considered the diagrams of the ways of movement of the sorghum harvester, it was determined that the number of turns of the harvester at the headland is related to the number of working strokes. In the general case, the number of working strokes is determined by the formula: $n_r = (C - C_{pr})/B_r$, where C is the width of the pen, m; C_{pr} - swath width, m. The total distance covered by the sorghum harvester while harvesting one corral when making turns and passing a straight section at all turns at the headland is: $L_1 = L_k N_l + \sum_{i=1}^{N_{kr}} L_{xi} + \sum_{j=1}^{N_l} L_{lj}$ where L_k is the path traveled by the sorghum harvester at one turn, m, L_{xi} is the distance traveled by the sorghum harvester on the straight section of the i -th circle, $i = 1 \dots N_{kr}$ - the number of laps made by the combine harvester when cleaning the corral, pcs; L_{lj} - the path covered by the combine harvester with a turn of 180° , m; $j = 1 \dots N_l$ is the number of turns per 180° made by the sorghum harvester when cleaning the corral, pcs. Dependencies have been determined for calculating the coefficients of the working strokes of a sorghum harvester for four rut loopless and rut shuttle modes of movement. Based on the dependences obtained, the calculations of the coefficients of the working strokes of a single-module sorghum harvester with a working width of $B_r = 0,7$ m for five ways of its movement when harvesting broom sorghum on a corral with an area of $S_z = 3.5$ hectares, at different values of the width of the corral C and the path of the working stroke L_r . The results of calculations showed that the coefficients of the working strokes for the loopless broom sorghum methods used for harvesting the broom do not differ by more than 2%, but at the same time the maximum value of the coefficient of the working strokes, and, consequently, the operational efficiency, is possessed by the sorghum harvester when using the loopless rotor. combined mode of movement. With an increase in the length of the run, the coefficient of working strokes increases. The productivity of the combine harvester can be increased by 15 - 25% when using the rut shuttle mode of movement. However, this method of movement can be used after changing the design of the combine harvester. Of the four loopless ways of movement of the sorghum harvester used for harvesting broom sorghum, the loopless combined one is the most productive. The productivity of the harvester for harvesting broom sorghum can be significantly increased by improving its design, which ensures the use of the rut shuttle method of movement.

Key words: *sorghum combine, replaceable productivity of the combine, method of movement, coefficient of working strokes, sorghum broom.*

Citation. Ryadnov A.I., Fedorova O. A., Baril V. A. Selection of the method of movement of the sorghum combine when harvesting the broom sorghum. Proc. of the Lower Volga Agro – University Comp. 2021. 2(62). 403-415 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-41.

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 631.358

ВЫБОР СПОСОБА ДВИЖЕНИЯ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ УБОРКЕ ВЕНИЧНОГО СОРГО

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент

В. А. Бариль, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. Производительность труда в сельскохозяйственном производстве во многом зависит от потенциальных возможностей имеющегося машинно-тракторного парка хозяйства и определяется рядом показателей, в том числе и производительностью машинно-тракторных агрегатов, которая зависит не только от технических возможностей машин, входящих в состав агрегата,

но и от условий и организации его работы. До настоящего времени публикаций, связанных с исследованиями влияния способов движения агрегатов при выполнении сельскохозяйственных работ на их производительность, практически не было. **Цель** настоящей работы – определить наиболее эффективный по производительности способ движения соргоуборочного комбайна на уборке веничного сорго. **Материалы и методы.** На основе анализа материалов научных работ установлено, что оценивать производительность соргоуборочного комбайна при использовании возможных способов движения на загоне при уборке сельскохозяйственных культур в одних и тех же условиях можно по коэффициенту рабочих ходов. Зная коэффициент рабочих ходов φ , можно определить эксплуатационную производительность соргоуборочного комбайна, не связывая ее определение с множеством разнообразных факторов, а определять ее в функции от технических возможностей комбайна, кинематики его движения и размеров убираемого загона. **Результаты.** При уборке веничного сорго может быть использовано несколько способов движения соргоуборочного комбайна на загоне: гоновый беспетлевой с расширением прокоса; гоновый беспетлевой комбинированный; гоновый беспетлевой от периферии загона к его центру; гоновый беспетлевой перекрытием с расширением прокоса. Рассмотрев схемы способов движения соргоуборочного комбайна, определили, что количество поворотов соргоуборочного комбайна в конце гона связано с числом рабочих ходов. В общем случае число рабочих ходов определяется по формуле: $n_r = (C - C_{pr})/B_r$, где C – ширина загона, м; C_{pr} – ширина прокоса, м. Суммарный путь, пройденный соргоуборочным комбайном на уборке одного загона при выполнении поворотов и прохождении прямолинейного участка на всех поворотах в конце гона, равен: $L_1 = L_k N_l + \sum_{i=1}^{i=Nkr} L_{x,i} + \sum_{j=1}^{j=Nl} L_{l,j}$, где L_k – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на одном повороте, м, $L_{x,i}$ – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на прямолинейном участке i – го круга, м; $i = 1 \dots N_{kr}$ – количество кругов, выполненных соргоуборочным комбайном при уборке загона, шт.; $L_{l,j}$ – путь, пройденный соргоуборочным комбайном с поворотом на 180° , м; $j = 1 \dots N_l$ – количество поворотов на 180° , выполненных соргоуборочным комбайном при уборке загона, шт. Определены зависимости для расчета коэффициентов рабочих ходов соргоуборочного комбайна для четырех гоновых беспетлевых и гонового челночного способов движения. По полученным зависимостям выполнены расчеты коэффициентов рабочих ходов одномодульного соргоуборочного комбайна с рабочей шириной захвата $B_r = 0,7$ м для пяти способов его движения при уборке веничного сорго на загоне площадью $S_z = 3,5$ га при разных значениях ширины загона C и пути рабочего хода L_r . Результаты расчетов показали, что коэффициенты рабочих ходов для применяемых на уборке веничного сорго гоновых беспетлевых способов движения отличаются не более чем на 2 %, но при этом максимальное значение коэффициента рабочих ходов, а следовательно, и эксплуатационную производительность имеет соргоуборочный комбайн при использовании гонового беспетлевого комбинированного способа движения. При увеличении длины гона коэффициент рабочих ходов растет. Производительность соргоуборочного комбайна может быть увеличена на 15-25 % при использовании гонового челночного способа движения. Однако данный способ движения можно использовать после изменения конструкции соргоуборочного комбайна. **Выводы.** Из четырех применяемых на уборке веничного сорго гоновых беспетлевых способов движения соргоуборочного комбайна максимально производительным является гоновый беспетлевой комбинированный. Производительность соргоуборочного комбайна на уборке веничного сорго может быть существенно увеличена при усовершенствовании его конструкции, обеспечивающей применение гонового челночного способа движения.

Ключевые слова: соргоуборочные комбайны, сменная производительность комбайнов, способы движения комбайнов, коэффициент рабочих ходов, сорго веничное.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Бариль В. А. Выбор способа движения соргоуборочного комбайна при уборке веничного сорго. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 403-415. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-41.

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. Важнейшей задачей развития сельского хозяйства является повышение производительности труда на всех этапах возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Производительность труда в сельскохозяйственном производстве во многом зависит от потенциальных возможностей имеющегося машинно-тракторного парка хозяйства [2] и определяется рядом показателей, в том числе и производительностью машинно-тракторных агрегатов. Данный показатель представляет собой достаточно сложную функцию, зависящую не только от технических возможностей машин, входящих в состав агрегата, но и от условий и организации его работы [3, 7, 12, 14, 15].

До настоящего времени опубликовано достаточно много научных работ по оценке производительности машинно-тракторных агрегатов от технических возможностей энергетических средств и машин, входящих в состав агрегатов, почвенно-климатических и других факторов. Но при этом публикаций, связанных с влиянием способов движения агрегатов при выполнении сельскохозяйственных работ на их производительность, практически нет. Это связано, прежде всего, с материалами, представленными в учебниках по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка», авторами которых являлись основатели данной дисциплины Б. С. Свирщевский, Б. А. Линтварев, Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, С. А. Иофинов, М. П. Сергеев. В данных учебниках, в частности дана единая зависимость для примерного расчета длины беспетлевого с прямым участком поворота агрегата при всех возможных беспетлевых способах движения. Однако после публикаций классических учебников по указанной дисциплине внедрены в производство машины, реализующие новые принципы выполнения технологических процессов, например, роторные зерноуборочные комбайны, очесывающие жатки, используются новые технологии выполнения сельскохозяйственных работ, например, с применением GPS. Все это повлияло на рост доли производительного времени и изменение доли других затрат в балансе времени смены [5, 6], а следовательно, и на производительность машин. Отсутствуют работы по оценке влияния способов движения соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ на уборке веничного сорго на его производительность.

В связи с этим цель настоящей работы – определить наиболее эффективный по производительности способ движения соргоуборочного комбайна на уборке веничного сорго.

Материалы и методы. На основе анализа материалов научных работ по оценке производительности как уборочных [10, 12, 13], так и других машин, применяемых при возделывании и уборке сельскохозяйственных культур, определено, что технические возможности машин, условия и организация их работы учитывает известная формула для расчета сменной производительности, в том числе и соргоуборочного комбайна на уборке веничного сорго:

$$W_{\text{см}} = 0,36 B_r V_r T_{\text{см}} \tau, \quad (1)$$

где B_r – рабочая (фактическая) ширина захвата жатки комбайна, м; V_r – рабочая скорость движения комбайна, м/с; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; τ – коэффициент использования времени смены.

Рабочая ширина захвата жатки комбайна B_r определяется конструктивной шириной захвата жатки и коэффициентом ее использования, который зависит от точности вождения комбайна, качества регулировок и настроек рабочих органов комбайна, колебаний ширины захвата от случайных изменений сил.

Однако следует заметить, что рабочая ширина захвата жатки соргоуборочного комбайна при уборке веничного сорго кратна ширине междурядий данной культуры и числу рядков сорго, убираемых комбайном за один проход.

Рабочая скорость комбайна V_r определяется теоретической скоростью комбайна и коэффициентом ее использования, который зависит от квалификации комбайнера, условий уборки, в частности рельефа поля, и ряда других факторов.

Значительное влияние на производительность соргоуборочного комбайна оказывает коэффициент (степень) использования времени смены τ .

В соответствии с ГОСТ 24055 – 2016 (Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ, 2020), а также с учетом материалов работ [1, 6], технически обоснованное значение коэффициента использования времени смены определяют из баланса времени смены:

$$T_{\text{см}} = T_O + T_I + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10}, \quad (2)$$

где T_O – время основной или чистой работы, ч; T_I – время на повороты в конце гона поля, ч; T_2 – затраты времени на технологические переезды, ч; T_3 – затраты времени на технологическое обслуживание, ч; T_4 – время на ежесменное техническое обслуживание и заправку топливом, ч; T_5 – затраты времени на перевод машины в рабочее и транспортное положение, ч; T_6 – затраты времени на проведение наладок и регулировок, ч; T_7 – затраты времени на составление агрегата, ч; T_8 – затраты времени на устранение нарушений технологического процесса, ч; T_9 – время отдыха, ч; T_{10} – затраты времени на переезды к месту работы и обратно (в начале и в конце смены), ч.

Баланс времени смены составляется на основе хронометража работы соргоуборочного комбайна, по результатам которого определяется коэффициент использования смены:

$$\tau = T_O / T_{\text{см}}. \quad (3)$$

Рассматривая составляющие времени смены, можно отметить, что повысить коэффициент использования времени смены можно за счет снижения непроизводительных затрат времени на холостые переезды машинно-тракторного агрегата [4].

Кроме того, при прочих равных условиях основным фактором, влияющим на производительность машинно-тракторного агрегата, в том числе и соргоуборочного комбайна, являются затраты времени на повороты в конце гона поля (T_I):

$$T_I = L_I / V_I, \quad (4)$$

где L_I – путь соргоуборочного комбайна, пройденный на повороте, м; V_I – скорость соргоуборочного комбайна на повороте, м/с.

Из отмеченного выше следует, что оценивать производительность соргоуборочного комбайна при использовании возможных способов движения на загоне при уборке сельскохозяйственных культур в одних и тех же условиях можно только по затратам времени на повороты агрегата в конце гона. Поэтому если допустить, что скорость соргоуборочного комбайна на всех участках поворота является постоянной величиной, то сравнивать способы движения можно по коэффициенту рабочих ходов [8]:

$$\varphi = \frac{\sum_1^{N_{rx}} L_r}{\sum_1^{N_{rx}} L_r + \sum_1^{N_1} L_1}, \quad (5)$$

где $\sum_1^{N_{rx}} L_r$ – суммарный путь соргоуборочного комбайна на N_{rx} рабочих ходах, м; $\sum_1^{N_1} L_1$ – суммарный путь соргоуборочного комбайна на N_1 поворотах, м.

Путь соргоуборочного комбайна на одном рабочем ходе определяется по формуле:

$$L_r = \frac{S_z}{C} - 2E, \quad (6)$$

где S_z – площадь загона, м², C – ширина загона, м; E – ширина поворотной полосы, м.

Путь соргоуборочного комбайна, пройденный на повороте, зависит от вида поворота.

В общем случае виды поворотов комбайна могут быть с поворотом на 90° и 180°, для каждого из которых L_1 различен (рисунок 1).

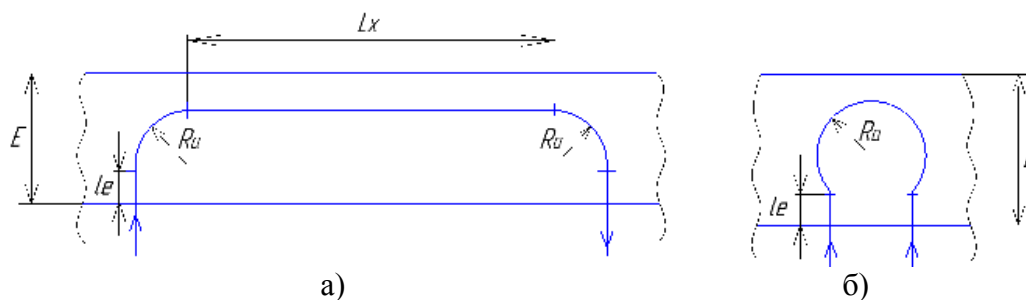


Рисунок 1 – Виды поворотов соргоуборочного комбайна:
а) на 90° с прямолинейным участком, б) на 180°

Figure 1 – Types of turns of the combine harvester:
a) at 90° with a straight section, b) at 180°

Поворот вида а) (рисунок 1) включает выезд комбайна на поворотную полосу шириной E , непосредственно поворот комбайна – переход из прямолинейного направления движения в криволинейное, например, по дуге радиуса R_a , движение на прямолинейном участке с дальнейшим заездом также по дуге радиуса R_a на следующий рядок убираемых растений.

Поворот вида б) (рисунок 1) включает выезд комбайна на поворотную полосу шириной E , непосредственно разворот комбайна по дуге радиуса R_a с заездом на следующий рядок убираемых растений сорго. В этом случае $L_x = 0$.

Путь соргоуборочного комбайна, пройденный на повороте, определится по формуле:

$$L_l = L_k + L_x, \quad (7)$$

где L_k – путь соргоуборочного комбайна, пройденный на криволинейном участке поворота, м; L_x – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на прямолинейном участке поворота, м.

Путь соргоуборочного комбайна, пройденный на криволинейных участках поворотах видов а) и б) (рисунок 1), определяется соответственно по известным формулам:

$$L_k = (1,6R_a + le), \quad (8)$$

$$L_k = (6R_a + 2le), \quad (9)$$

где le – длина выезда комбайна на поворотную полосу, м

Зная коэффициент рабочих ходов φ , можно определить эксплуатационную производительность соргоуборочного комбайна, не связывая ее определение со множеством разнообразных факторов, а определяли ее в функции от технических возможностей комбайна, кинематики его движения и размеров убираемого загона [9].

Результаты и обсуждение. При уборке веничного сорго можно использовать несколько способов движения соргоуборочного комбайна на загоне (рисунки 2-5): № 1 – гоновый беспетлевой с расширением прокоса; № 2 – гоновый беспетлевой комбинированный; № 3 – гоновый беспетлевой от периферии загона к его центру; № 4 – гоновый беспетлевой перекрытием с расширением прокоса.

Выбор способов движения веничного сорго соргоуборочным комбайном обоснован его конструкцией – жатка комбайна расположена с правой стороны энергетического средства (трактора, самоходного шасси), а выгрузка зерна из бункера комбайна осуществляется с левой стороны. В связи с этим комбайн должен двигаться при уборке по предварительно выполненному прокосу, чтобы обеспечить скашивание растений и выгрузку зерна из бункера комбайна в транспортное средство.

При сравнении указанных способов движения соргоуборочного комбайна необходимо выполнить на убираемом поле следующие операции:

- разбить поле на загоны шириной C ;
- между загонами сделать прокосы для проезда энергетического средства соргоуборочного комбайна и транспортного средства для сбора зерна, обмолоченного соргоуборочным комбайном;
- отбить поворотные полосы шириной E ;
- на загонах, которые предполагается убирать веничным способом движения №1, №2 и №4, выполнить прокосы шириной C_{pr} ;
- до начала уборки загонов убрать растения с поворотных полос и прокосов.

Так как соргоуборочный комбайн конструкции Волгоградского ГАУ может осуществлять обмолот сорго при высокой влажности листостебельной массы, то противопожарное опаживание можно не выполнять.

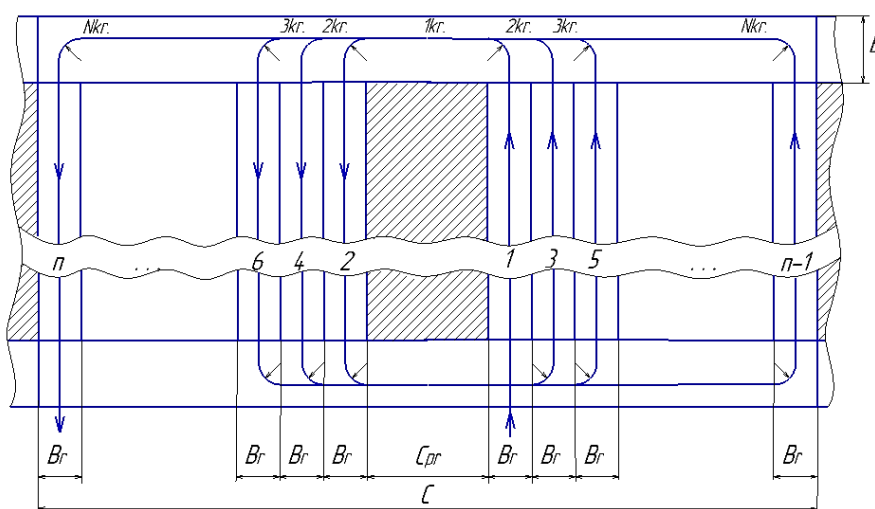


Рисунок 2 – Способ движения соргоуборочного комбайна на загоне №1

Figure 2 – Method of movement of the sorghum harvester on the paddock No.1

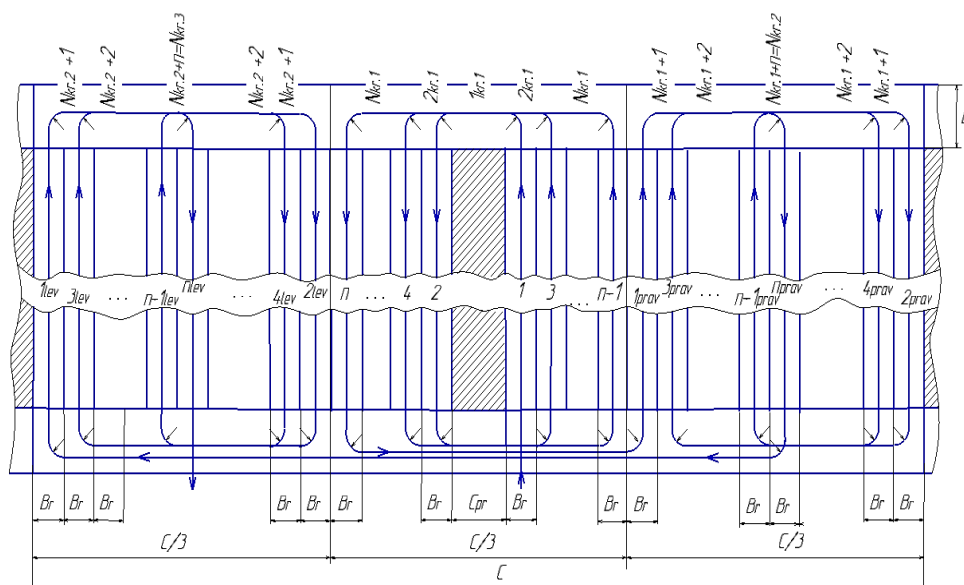


Рисунок 3 – Способ движения соргоуборочного комбайна на загоне №2

Figure 3 – Method of movement of the sorghum harvester on the paddock No.2

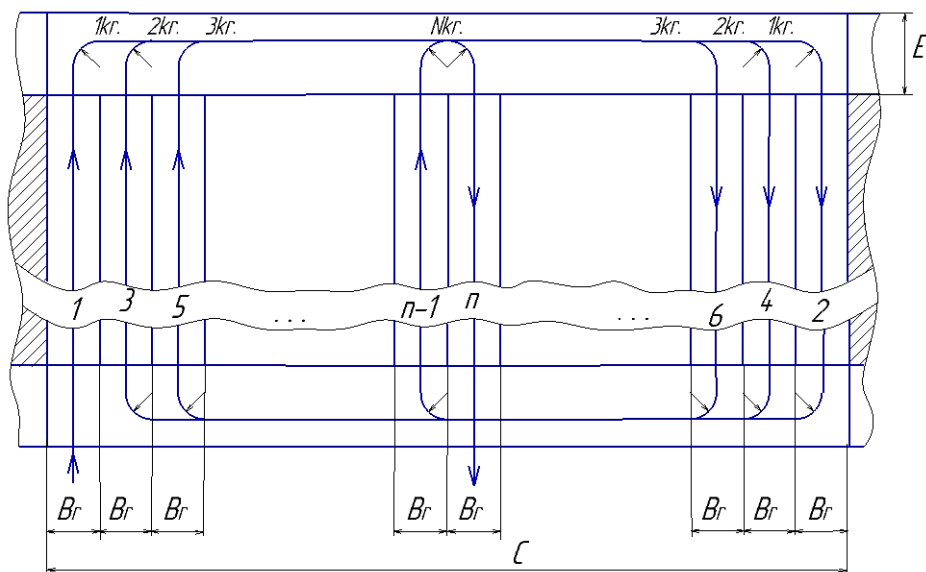


Рисунок 4 – Способ движения соргоуборочного комбайна на загоне №3

Figure 4 – Figure 2-Method of movement of the sorghum harvester on the paddock No.3

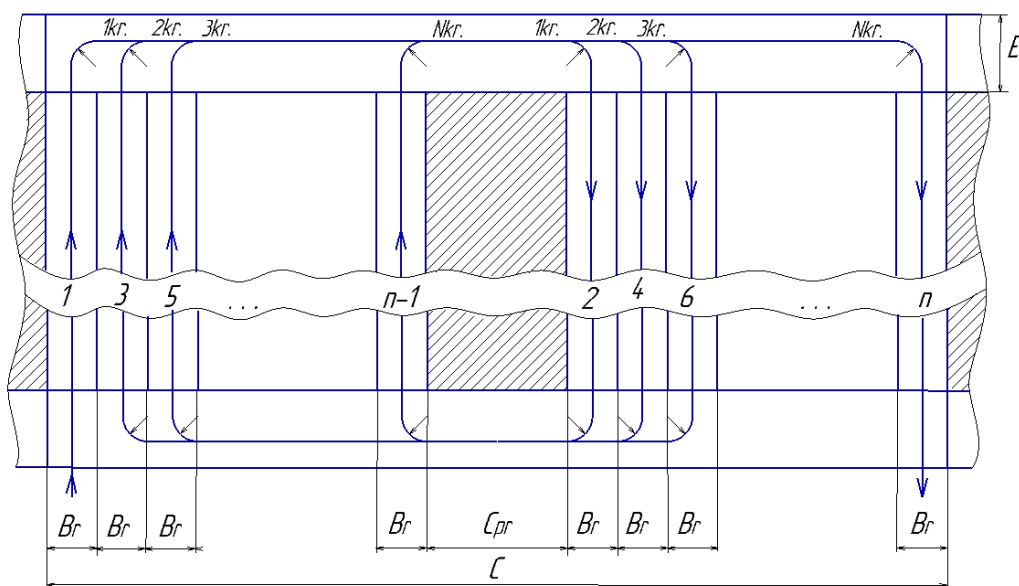


Рисунок 5 – Способ движения соргоуборочного комбайна на загоне №4

Figure 5 – Figure 2-Method of movement of the sorghum harvester on the paddock No.4

Из представленных рисунков (рисунки 2-5) следует, что количество поворотов соргоуборочного комбайна в конце гона при рассматриваемых способах движения связано с числом рабочих ходов.

В общем случае число рабочих ходов определяется по формуле:

$$n_r = \frac{C - C_{pr}}{B_r}, \quad (10)$$

где C – ширина загона, м; C_{pr} – ширина прокоса, м.

Суммарный путь, пройденный соргоуборочным комбайном на уборке одного загона при выполнении поворотов и прохождении прямолинейного участка на всех поворотах в конце гона, равен:

$$L_1 = L_k N_l + \sum_{i=1}^{N_{kr}} L_{x,i} + \sum_{j=1}^{N_l} L_{l,j}, \quad (11)$$

где L_k – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на одном повороте, м; $L_{x,i}$ – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на прямолинейном участке i -го круга, м; $i = 1 \dots N_{kr}$ – количество кругов, выполненных соргоуборочным комбайном при уборке загона, шт.; $L_{l,j}$ – путь, пройденный соргоуборочным комбайном на повороте вида б) (рисунок 1), м; $j = 1 \dots N_l$ – количество поворотов вида б) (рисунок 1), выполненных соргоуборочным комбайном при уборке загона, шт.

Суммарный путь, пройденный соргоуборочным комбайном на прямолинейных участках с обеих сторон загона, равен:

$$L_x = 2L_x^{sr} \cdot N_{kr} \pm \Delta L_1, \quad (12)$$

где ΔL_1 – разница между суммарными холостыми пробегами комбайна с одной и другой сторон загона.

В общем случае средний холостой путь комбайна после поворотов на одной стороне загона можно определить следующим образом:

$$L_x^{sr} = (L_x^{max} + L_x^{min})/2, \quad (13)$$

где L_x^{max} и L_x^{min} – соответственно максимальный и минимальный пути, пройденные соргоуборочным комбайном на прямолинейном участке на одной стороне загона.

Количество полных кругов, выполненных соргоуборочным комбайном при уборке загона,

– при способе движения № 1:

$$N_{kr}^I = \frac{n_r}{2}; \quad (14)$$

– при способе движения №2:

$$N_{kr}^{II} = \frac{C/3 - C_{pr}}{2B_p} + \left(\frac{C}{6B_r} - 1 \right) + \frac{C}{6B_r} = \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} - 1 \right); \quad (15)$$

– при способе движения №3:

$$N_{kr}^{III} = \left(\frac{C}{2B_r} - 1 \right); \quad (16)$$

– при способе движения №4:

$$N_{kr}^{IV} = \frac{n_r}{2}. \quad (17)$$

При сравнении способов движения соргоуборочного комбайна следует принять допущение об идентичности условий уборки сельскохозяйственных культур, в частности количество убираемых рядков веничного сорго на загоне должно быть равным для всех рассматриваемых вариантов способов движения. Поэтому при способе движения № 3 ширину загона следует уменьшить на величину ширины прокоса, выполняемого при способах движения № 1, № 2 и № 4.

Суммарный путь, пройденный соргоуборочным комбайном на прямолинейных участках с обеих сторон загона, определится по зависимостям:

– при способе движения № 1:

$$L_x^I = (C - 2B_r + C_{pr}) \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} \right) - (C - 2B_r); \quad (18)$$

– при способе движения №2:

$$L_x^{II} = (C - 6B_r + C_{pr}) \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} - 1 \right) - \left(\frac{C}{6} - B_r \right); \quad (19)$$

– при способе движения №3:

$$L_x^{III} = (C - 4B_r) \left(\frac{C}{2B_r} - 1 \right) + (C - 2B_r); \quad (20)$$

– при способе движения №4:

$$L_x^{IV} = (C - 2B_r + C_{pr}) \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} \right) - \left(\frac{C}{2} - B_r + \frac{C_{pr}}{2} \right). \quad (21)$$

Путь, пройденный соргоуборочным комбайном на криволинейных участках поворотов, рассчитывается по зависимостям:

– при способе движения №1:

$$L_k^I = 2(1,6R_a + le) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} - 1 \right); \quad (22)$$

– при способе движения №2:

$$L_k^{II} = (1,6R_r + le) \cdot \left[\left(2 \frac{C/3 - C_{pr}}{B_r} \right) + \left(\frac{C}{3B_r} - 10 \right) \right] + 3(6R_a + 2le); \quad (23)$$

– при способе движения №3:

$$L_k^{III} = (1,6R_a + le) \cdot \left(2 \frac{C}{B_r} - 3 \right) + (6R_a + 2le); \quad (24)$$

– при способе движения №4:

$$L_k^{IV} = 2(1,6R_a + le) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} - 1 \right). \quad (25)$$

С учетом зависимостей (18) - (25) формулу (5) представим в виде:

– для способа движения № 1:

$$\varphi_I = L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) / \left[L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) + 2(1,6R_a + le) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} - 1 \right) + (C - 2B_r + C_{pr}) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} \right) - (C - 2B_r) \right]; \quad (26)$$

– для способа движения № 2:

$$\begin{aligned} \varphi_{II} = L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) / \{ & L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) + (1,6R_a + le) \cdot \left[\left(2 \frac{C/3 - C_{pr}}{B_r} \right) + \right. \\ & \left. + \left(\frac{C}{3B_r} - 10 \right) \right] + 3(6R_a + 2le) + \\ & \left. + (C - 6B_r + C_{pr}) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} - 1 \right) - \left(\frac{C}{6} - B_r \right) \right\}; \quad (27) \end{aligned}$$

– для способа движения № 3:

$$\begin{aligned} \varphi_{III} = L_r \frac{C}{B_r} / \{ & L_r \frac{C}{B_r} + (1,6R_a + le) \cdot \left(2 \frac{C}{B_r} - 3 \right) + \\ & + (6R_a + 2le) + (C - 4B_r) \cdot \left(\frac{C}{2B_r} - 1 \right) + (C - 2B_r) \}; \quad (28) \end{aligned}$$

– для способа движения №4:

$$\begin{aligned} \varphi_{IV} = L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) / \{ & L_r \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} \right) + 2(1,6R_a + le) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{B_r} - 1 \right) + \\ & + (C - 2B_r + C_{pr}) \cdot \left(\frac{C - C_{pr}}{2B_r} \right) - \left(\frac{C}{2} - B_r + \frac{C_{pr}}{2} \right) \}. \quad (29) \end{aligned}$$

Допустим, что конструкция соргоуборочного комбайна будет изменена и позволит выполнять уборку веничного сорго челночным способом. Для данного способа движения комбайна число холостых поворотов равно:

$$Nx = \left(\frac{C}{B_r} - 1 \right). \quad (30)$$

Тогда путь, пройденный соргоуборочным комбайном на поворотах, равен:

$$L_k^V = (6R_a + 2le) \cdot \left(\frac{C}{B_r} - 1 \right), \quad (31)$$

и коэффициент рабочих ходов:

$$\varphi_V = L_r \frac{C}{B_r} / \left[L_r \frac{C}{B_r} + (6R_a + 2le) \cdot \left(\frac{C}{B_r} - 1 \right) \right]. \quad (32)$$

Выполнены расчеты коэффициентов рабочих ходов одномодульного соргоуборочного комбайна ($B_r = 0,7$ м) для пяти способов его движения при уборке веничного сорго на загоне площадью $S_z = 3,5$ га, близкой к производительности комбайна за смену ($T_{sm} = 7$ ч), при разных значениях ширины загона C и пути рабочего хода L_r . При расчетах принято, что во всех случаях радиус поворота $R_a = 2,0$ м, длина выезда $l_e = 0$, ширина поворотной полосы $E = 4$ м, а ширина прокоса при способах движения №1, №2 и №4 $C_{pr} = 2,8$ м, при №3 и №5 $C_{pr} = 0$.

Таблица – Значения коэффициента рабочих ходов соргоуборочного комбайна при различных способах движения на уборке веничного сорго

Table – Values of the coefficient of working strokes of the sorghum harvester with different methods of movement for harvesting broom sorghum

Показатели загона / Paddock indicators	Значение φ при гоновых беспетлевых способах движения / The value of φ for gon non-loop modes of movement				Значение φ при челночном способе движения / The value of φ in the shuttle mode of movement
	№1	№2	№3	№4	№5
$C = 37,8$ м, $L_r = 992$ м	0,973	0,979	0,977	0,973	0,988
$C = 75,6$ м, $L_r = 455$ м	0,912	0,920	0,917	0,911	0,975
$C = 147$ м, $L_r = 230$ м	0,742	0,754	0,749	0,741	0,951

Результаты расчетов показали, что коэффициенты рабочих ходов для применяемых на уборке веничного сорго гоновых беспетлевых способов движения отличаются не более чем на 2 %, но при этом максимальное значение коэффициента рабочих ходов, а следовательно, и эксплуатационную производительность имеет соргоуборочный комбайн при использовании гонового беспетлевого комбинированного способа движения. При увеличении длины гона коэффициент рабочих ходов растет.

Производительность соргоуборочного комбайна может быть увеличена на 5-25 % при использовании гонового челночного способа движения. Однако данный способ движения можно эффективно использовать после изменения конструкции соргоуборочного комбайна.

Выводы. Таким образом, из четырех применяемых на уборке веничного сорго гоновых беспетлевых способов движения соргоуборочного комбайна максимально производительным является гоновый беспетлевой комбинированный. Производительность соргоуборочного комбайна на уборке веничного сорго может быть существенно увеличена при усовершенствовании его конструкции, обеспечивающей применение гонового челночного способа движения.

Библиографический список

1. Елисеев А. Г., Костомахин М. Н. Анализ сельскохозяйственной техники. Зерноуборочные и кормоуборочные комбайны // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2013. № 9. С. 20-28.
2. Жалнин Э. В. Оптимизация машиноиспользования мощный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Наука в Центральной России. 2013. № 1. С. 5-17.
3. Журавлев С. Ю. Влияние переменных внешних факторов на производительность машинно-тракторных агрегатов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 8. С. 207-211.
4. Охотников Б. Л. Маневренность МТА и размеры обрабатываемой площади // Аграрный вестник Урала. 2015. №1 (131). С. 60-65.
5. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, Р. В. Шарипов, В. А. Бариль // Известия НВ АУК. 2021. № 1(61). 441-452.
6. Повышение эффективности уборки зерновых культур / И. В. Коношин, Р. А. Булавинцев, А. В. Волженцев, М. Р. Михайлов, А. В. Звекон // Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 141-147.
7. Репетов А. Н., Главинский В. А. Анализ закономерностей производительности машинно-тракторных агрегатов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 5. С. 78-79.
8. Репетов А. Н., Главинский В. А. Анализ кинематических показателей машинно-тракторных агрегатов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 6. С. 80-81.
9. Репетов А. Н., Главинский В. А. Факторы, влияющие на производительность машинно-тракторного агрегата // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 79-80.
10. Ряднов А. И., Тронева С. В., Федорова О. А. Повышение производительности зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 2-3.
11. Ряднов А. И., Федорова О. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 225.
12. Шабанов Н. И. Резервы повышения эффективности комбайновой уборки зерновых культур // Вестник аграрной науки Дона. 2014. Т. 4. № 28. С. 23-29.
13. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б., Внуков Д. О. Эффективно использовать зерноуборочные комбайны // Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 34-35.
14. Combine harvester productivity calculation model and analysis of suitable operation route / K. Zhang [et al.] // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2018. V. 34 (18). P. 37-43.
15. Optimization of agrotechnical terms of harvesting of crops, design and operating parameters of crop-harvesting machines under conditions of the Amur Region, Russian Federation / I. V. Bumbar [et al.]. 2018. V. 18(2). P. 2567-2572.

Conclusions. Of the four loopless ways of movement of the sorghum harvester used for harvesting broom sorghum, the loopless combined one is the most productive. The productivity of the sorghum harvester can be significantly increased by improving its design, which makes it possible to use the gon shuttle method of movement for harvesting broom sorghum.

References

1. Eliseev A. G., Kostomahin M. N. Analiz sel'skokozyajstvennoj tehniki. Zernouborochnye i kormouborochnye kombajny // Sel'skokozyajstvennaya tehnika: obsluzhivanie i remont. 2013. № 9. P. 20-28.
2. Zhالنin Je. V. Optimizaciya mashinoispol'zovaniya moschnyj rezerv povy-sheniya jeffektivnosti sel'skokozyajstvennogo proizvodstva // Nauka v Central'noj Rossii. 2013. № 1. P. 5-17.

3. Zhuravlev S. Yu. Vliyanie peremennyyh vneshnih faktorov na proizvodi-tel'nost' mashinno-traktornyh agregatov // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstven-nogo agrarnogo universiteta. 2011. № 8. P. 207-211.
4. Ohotnikov B. L. Manevrennost' MTA i razmery obrabatyvaemoj ploschadi // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. №1 (131). P. 60-65.
5. Povyshenie proizvoditel'nosti sorgouborochnogo kombajna za schet pri-meneniya usovershenstvovannogo rezhushchego apparata zhatki / A. I. Ryadnov, O. A. Fe-dorova, R. V. Sharipov, V. A. Baril' // Izvestiya NV AUK. 2021. № 1(61). P. 441-452.
6. Povyshenie jffektivnosti uborki zernovyh kul'tur / I. V. Konoshin, R. A. Bulavincev, A. V. Volzhencev, M. R. Mihajlov, A. V. Zvekov // Niva Povolzh'ya. 2019. № 4 (53). P. 141-147.
7. Repetov A. N., Glavinskij V. A. Analiz zakonornostej proizvoditel'-nosti mashinno-traktornyh agregatov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2013. № 5. P. 78-79.
8. Repetov A. N., Glavinskij V. A. Analiz kinematcheskih pokazatelej ma-shinno-traktornyh agregatov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyaj-stvennoj akademii. 2013. № 6. P. 80-81.
9. Repetov A. N., Glavinskij V. A. Faktory, vliyayuschie na proizvoditel'-nost' mashinno-traktornogo agregata // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'sko-hozyajstvennoj akademii. 2013. № 4. P. 79-80.
10. Ryadnov A. I., Tronev S. V., Fedorova O. A. Povyshenie proizvoditel'nosti zernouborochnyyh kombajnov // Sel'skij mehanizator. 2019. № 8. P. 2-3.
11. Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Povyshenie proizvoditel'nosti sorgoubo-rochnogo kombajna // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 2-1. P. 225.
12. Shabanov N. I. Rezervy povysheniya jffektivnosti kombajnovoj uborki zernovyh kul'tur // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2014. T. 4. № 28. P. 23-29.
13. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B., Vnukov D. O. Jffektivno ispol'zovat' zernouborochnye kombajny // Sel'skij mehanizator. 2018. № 10. P. 34-35.

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-т. 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-т. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Бариль Вадим Алексеевич – аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т. им. Ленина, 28), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru.

Fedorova Olga Alekseevna, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Baril Vadim Alekseevich, Graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

ANTHROPOGENIC LOAD ON THE SUKHAYA MECHETKA RIVER WITHIN
THE CITY LIMITS OF VOLGOGRADS. Ya. Semenenko¹, N. V. Morozova², S. S. Marchenko¹, N. A. Kolobanova¹¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*²*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Center «Nemchinovka»*

Received 01.03.2021

Submitted 15.05.2021

Summary

The ecological state of the water protection zone of the Sukhaya Mechetka River within the boundaries of the highly urbanized territory of the city of Volgograd is considered on the basis of route surveys, laboratory studies of water quality and samples of bottom sediments at the control points of the watercourse. The current level of anthropogenic load is established, which does not exceed the maximum permissible values.

Abstract

This article deals with the problem of pollution of the Sukhaya Mechetka River in the north of the Volgograd region under the influence of anthropogenic load. The sources of pollution were identified, the analysis and comparative characteristics of the water quality and bottom sediments of the water body were carried out, their compliance with modern regulatory requirements, depending on the possible type of use, and recommendations on the use of bottom sediments were given. **Introduction.** Small steppe rivers of arid territories, such as the Sukhaya Mechetka River, are the most sensitive to any manifestations of anthropogenic impact due to the low volume of flow during high water and the inability to create a washing mode. The most dangerous for them are territories with a high level of urbanization, located on the catchment area. In this case, it is a section of the riverbed that passes through the northern part of the city of Volgograd. Runoff contaminated with hydrocarbons, biogenic and chemical compounds from the territories of various uses accumulates in the water body. The intensity of accumulation increases significantly with the melting of snow with anti-ice reagents and the precipitation of heavy rain during the warm period. Such surface runoff is diffuse, i.e. dispersed. It is not subject to recycling and cleaning, like centralized sewage and storm water, and is not regulated by modern legislation. The Sukhaya Mechetka River works as a "converter" of diffuse runoff into concentrated runoff and discharges polluted surface runoff from a highly urbanized urban area into the lower reaches of the Volga River. This makes it necessary to control the sources of pollution and the geochemical state of the water. **Object.** The object of research is the catchment area, the water protection zone and the coastal protective strip of the Sukhaya Mechetka River within the borders of Volgograd. **Goal.** Determination of the sources of anthropogenic pollution, the amount of solid municipal and construction waste in the water protection zone of the river, their impact on the hydrochemical composition of the elements of the water body, its compliance with regulatory requirements, and further development of measures to ensure the restoration of the ecosystem and the improvement of the ecological and sanitary-epidemiological situation in the catchment area. **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of empirical (observation, description, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) levels. **Results and conclusions.** The sources of pollution located in the catchment area of the river were determined, and surface water and bottom sediments were analyzed according to hydrochemical indicators. Recommendations on the use of bottom sediments, depending on the chemical composition, are given. In order to determine the scale of the anthropogenic impact of urbanization on water flow quality indicators, taking into account its hydrological characteristics, it is necessary to organize sanitary and environmental monitoring in the future, the result of which will be an assessment of the spatial and temporal variability of the amount of pollutants entering, the concentration of chemicals in the runoff and water body, and, possibly, the need for owners of pollution sources and/or executive authorities to eliminate sources that are dangerous to ecosystems and human health.

Key words: *anthropogenic load, surface water, bottom sediments, water quality, small rivers.*

Citation. Semenenko S. Ya., Morozova N. V., Marchenko S. S., Kolobanova N. A. Anthropogenic load on the Sukhaya Mechetka river within the boundaries of the city of Volgograd. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 416-431 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-42.

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

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

УДК 556.53:504.5

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА РЕКУ СУХАЯ МЕЧЁТКА В ГРАНИЦАХ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

С. Я. Семененко¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. В. Морозова², кандидат технических наук, старший научный сотрудник
С. С. Марченко¹, кандидат технических наук, доцент
Н. А. Колобанова¹, кандидат технических наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Одинцовский район,
р.п. Новоивановское

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 15.05.2021

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема загрязнения реки Сухая Мечётка на северной территории г. Волгограда под воздействием антропогенной нагрузки. Определены источники загрязнения, проведены анализ и сравнительная характеристика качества воды и донных отложений элементов водного объекта, их соответствие актуализированным нормативным требованиям в зависимости от возможного вида использования, даны рекомендации по использованию донных отложений.

Актуальность. Малые степные реки аридных территорий, какой является река Сухая Мечётка, в силу низких значений расходных характеристик в период половодья и невозможности создания промывного режима, являются наиболее чувствительными к любым проявлениям антропогенного воздействия. Наибольшую опасность для них представляют территории с высоким уровнем урбанизации, находящиеся на водосборной площади, а в данном случае участок, проходящий через северную часть города Волгограда. Загрязнённый углеводородами, биогенными и химическими соединениями сток с территорий различного использования аккумулируется в водном объекте. Интенсивность аккумуляции значительно увеличивается при таянии снега с антигололёдными веществами и выпадении ливневых осадков тёплого периода. Такой поверхностный сток является диффузным, т.е. рассредоточенным, он не подвергается утилизации и очистке, подобно централизованным канализационным и ливневым стокам, и не нормируется современным законодательством. Река Сухая Мечётка является «преобразователем» диффузного стока в сосредоточенный и сбрасывает поверхностный сток с высокоурбанизированной городской территории в нижний бьеф р. Волга, и этим обуславливается необходимость контроля над источниками загрязнения и геохимическим состоянием воды. **Объект.** Объектом исследований является водосборная территория, водоохранная зона и прибрежная защитная полоса реки Сухая Мечётка в границах г. Волгограда. **Цель.** Определение источников антропогенного загрязнения, объёмов захламлённости твёрдыми коммунальными и строительными отходами водоохранной зоны реки, их влияние на гидрохимический состав элементов водного объекта, его соответствие нормативным требованиям, и в дальнейшем разработка мероприятий, обеспечивающих восстановление экосистемы и улучшение экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки на водосборной территории. **Материалы и методы.** В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней. **Результаты и выводы.** Определены источники загрязнений, расположенные на водосборной территории реки, проанализированы по гидрохимическим показателям поверхностные воды и донные отложения. Даны рекомендации по использованию донных отложений в зависимости от химического состава. Для определения масштабов антропогенного влияния урбанизации на показатели

качества водного потока с учётом его гидрологических характеристик в дальнейшем необходима организация санитарно-экологического мониторинга, результатом которого будет оценка пространственно-временной изменчивости количества поступления загрязняющих веществ, концентрации химических веществ в стоке и водном объекте и, возможно, понуждение собственников источников загрязнения и/или органов исполнительной власти к устранению источников, опасных для экосистем и здоровья человека.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, поверхностные воды, донные отложения, качество речной воды, малые реки.

Цитирование. Семененко С. Я., Морозова Н. В., Марченко С. С., Колобанова Н. А. Антропогенная нагрузка на реку Сухая Мечётка в границах города Волгограда. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 416-431. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-42.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в маршрутных обследованиях, 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. Процессы урбанизации в РФ в последние десятилетия протекают всё интенсивнее: за 50 лет значения увеличились с 48 до 75 %, тогда как в западных странах этот показатель увеличился с 29 до 42 %. Рост плотности населения в крупных городах, нарастающие темпы урбанизации приводят к увеличению антропогенной нагрузки на водные объекты данных территорий [3]. Значимая часть загрязнений попадает из воздуха, так как загрязненная атмосфера содержит твердые частицы пыли, сажи, аэрозоли, газы (оксиды и диоксиды серы, азота, углерода), которые через кислотные дожди поставляют в водоток химические примеси в виде взвешенных, эмульгированных и растворенных веществ неорганического и органического характера, тяжёлые металлы [6, 7, 9, 10].

Попадание из свалочного фильтрата химических примесей и искусственных взвесей в донные отложения приводит к изменению их физико-механических свойств, повышает связность, что в свою очередь препятствует естественным процессам самоочищения водных объектов. Большую опасность представляют соединения тяжелых металлов, которые отличает высокая токсичность в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомagniфикации [8, 12-14].

Сочетание техногенного и природного характера загрязнений является особенностью нынешнего времени, при этом значимость техногенной составляющей многократно превышает уровень загрязнения, поступающий из природных ландшафтов соизмеримой территории.

Для определения антропогенной нагрузки были определены источники загрязнений, расположенные на водосборной территории реки Сухая Мечётка, проанализированы по гидрохимическим показателям поверхностные воды и донные отложения водного объекта в условиях высокоурбанизированной территории города Волгограда.

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 Волгоградстат, ГИС-технологий, непосредственных маршрутных обследований, данные лабораторных анализов, проведенных на оборудовании, соответствующем требованиям метрологии и стандартизации Росстандарта. Качество воды оценивалось в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод» по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ).

Результаты и обсуждение. Река Сухая Мечётка берет свое начало на территории Орловского сельского поселения Городищенского района Волгоградской области и является правым притоком Волги (рисунок 1). При протяженности в 18,5 км её средняя ширина составляет 150 м. Средняя скорость течения воды в меженный период 0,1 м/сек при отсутствии постоянного водотока. Расходные характеристики увеличиваются во время весеннего половодья и паводков. Река пересекается транспортными дамбами, стихийными переходами из строительного мусора. Общая площадь бассейна – 63,2 км², в пределах г. Волгограда – 24 км², протекает река по Тракторозаводскому району [2].

Бассейн реки располагается в степной природной зоне и отличается особой изрезанностью территории и большим количеством мелких оврагов. На водосборе протяженность овражно-балочной сети составляет 95 км. Расчлененность территории – 1,09 км/км². Значения высот на водосборе изменяются в пределах от - 9 до 142 м (модель рельефа SRTM). Максимальная крутизна склонов составляет 14,2°, в среднем – 1,77° [1].

По берегам почвы плодородные пойменные, выше по уклону увеличиваются песчаные территории [2].

Поверхностные воды по химическому составу хлоридно-сульфатные кальциево-магниевые и хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.



Рисунок 1 – Карта-схема водосбора р. Сухая Мечётка

Figure 1 – Map-scheme of the catchment area of the Sukhaya Mechetka river

Исследуемый участок реки, проходящий по Тракторозаводскому району Волгограда, отличающийся наибольшей антропогенной нагрузкой, начинается от 3-й Продольной автомагистрали и следует в юго-восточном направлении на протяжении 4,9 км к ул. Шурухина далее через дачные массивы на протяжении 2,9 км – под железнодорожный мост, через 980 м пересекает ул. Николая Отрады и через 500 м впадает в р. Волга на расстоянии 0,7 км от плотины Волжской ГЭС.

Анализ данных публичной кадастровой карты показал, что водосборная территория реки Сухая Мечётка располагается на земельных участках с различными формами хозяйственного использования: земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения, земли населенных пунктов, а также земли, не имеющие данных о категории земель. На водосборной площади находятся следующие основные источники антропогенного воздействия: ОАО «Тракторная компания ВгТЗ», «Волгоградский алюминий», «Волгоградский кислородный завод», «Спецнефтематериалы», Центры торговли, культуры, образования, спорта и развлечений. Русло реки пересекается всеми тремя важнейшими автомагистралями г. Волгограда (рисунок 2).

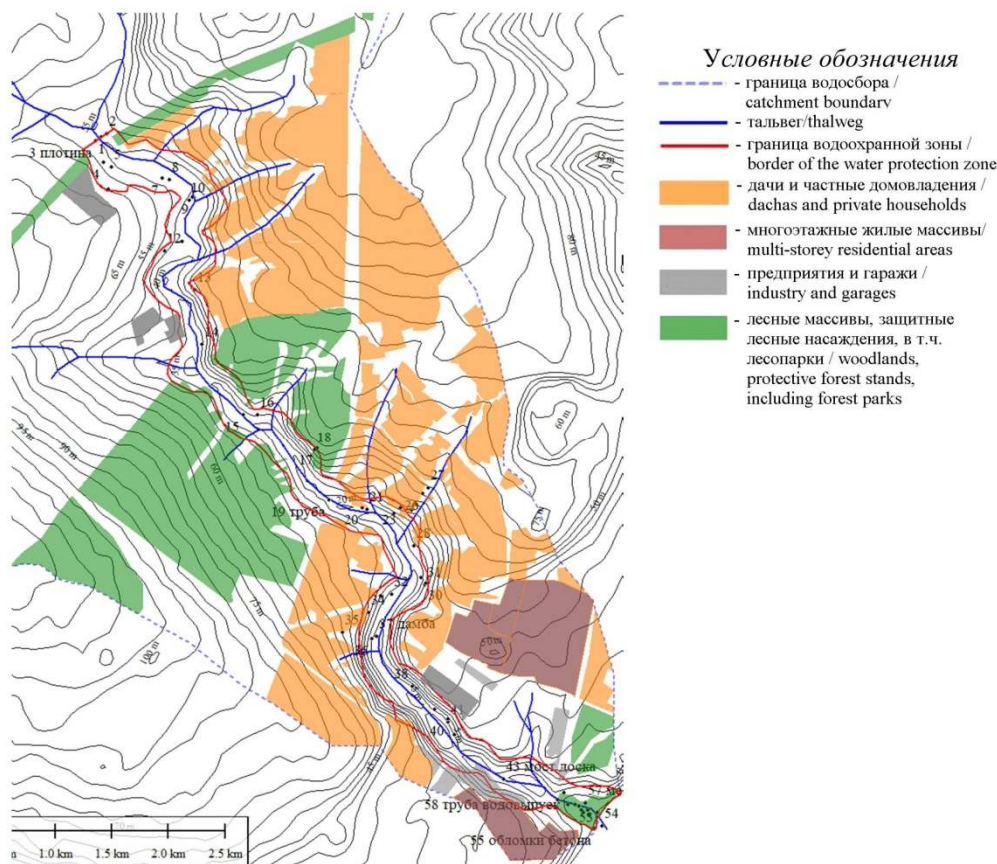


Рисунок 2 – Карта-схема расположения застроенных участков и защитных лесных насаждений на водосборе р. Сухая Мечётка (в нижнем течении)

Figure 2-Map-diagram of the location of built-up areas and protective forest stands in the catchment area of the Sukhaya Mechetka River (in the lower reaches)

Изучаемая река является природным водным объектом. В хозяйственных целях используется в качестве водоисточника для орошения земель садоводческих товариществ, немного используется для любительского рыболовства.

В соответствии с СП 11-103-97 степень метеорологической изученности оценивается как изученная, в гидрологическом отношении район не изучен.

Риск возникновения природных чрезвычайных ситуаций оценивается как «с низкой повторяемостью» от 3 до 5 ЧС в год, а среднее количество ЧС (математическое ожидание) по наиболее значимым ситуациям составляет: чрезвычайная пожарная опасность –

5,6; сильное гололёдно-изморозевое отложение – 0,6; очень сильный ветер – 0,4; засуха атмосферная и почвенная – 0,4 (Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации; под ред. С. К. Шойгу, 2010 г.).

Согласно ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений», отмечаются превышения максимально разовых концентраций 0,5 ПДКм.р. и ≈ 2 ПДКм.р. по фенолу и формальдегиду соответственно. Среднесуточная концентрация формальдегида является равной среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДКсс.), а концентрация фенола не превышает ее. По остальным веществам: концентрации пыли (взвешенные вещества), диоксиду азота, диоксиду серы, оксиду углерода не превышают либо равны среднесуточной и максимально разовой предельно допустимой концентрации.

На изучаемой территории радиационная обстановка характеризуется как «удовлетворительная» и не превышает естественного радиационного фона (0,08-0,10 мкЗв/ч).

Согласно «Водному кодексу Российской Федерации» от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (в редакции от 02.08.2019 г.) и п. 40 приказа Облкомприроды от 02.02.2018 г. №32/01 для рек протяженностью от 10 до 50 км водоохранная зона составляет 100 м. Поэтому при исследованиях эрозионных процессов особенно учитывались деградационные явления, получившие развитие в прибрежной части на расстоянии, не превышающем указанной дальности. Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет тридцать метров для обратного или нулевого уклона, сорок метров для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса. Ширина прибрежной защитной полосы для р. Сухая Мечётка составляет 50 м.

Установлено, что дороги, ведущие через пойму реки, в результате централизации на них поверхностного стока с вышерасположенных дорог и под действием колес автотранспорта углублены более чем на 50 см. На опорной точке 35 в вершине оврага отмечено начало просадки грунта (площадью более 100 м²), которая с течением времени приведет к сползанию всей толщи на его дно (рисунок 3). Под угрозой находятся рядом расположенные дачные участки. На вершине и по бровкам этого оврага местные жители производят сброс бытовых отходов. При обследовании зафиксировано их возгорание. Для тушения использовался местный грунт. Возможно, образование свалки и проводимые мероприятия по тушению пожаров, возникающих на ней, повлияли на деформацию грунта в вершине оврага.

В нижней части поймы особенно сильно заметно влияние режима попуска Волгоградского водохранилища: берега поймы реки обрывистые (высота которых невелика 3-4 м), осыпаются откосы, местами наблюдаются сваленные деревья с оголенными корнями (в результате подъема уровня воды). В меженный период ширина водотока не превышает 6 м, местами – не шире 2 м. Базис эрозии в пределах водоохранной зоны – 5-6 м. В целом при обследовании поймы р. Сухая Мечётка установлено, что эрозионные процессы на ее берегах формируются в результате развития плоскостного смыва и струйчатой эрозии, приводящей к росту оврагов, имеющих характерную каньонообразную форму (рисунок 4). Основной сток происходит в период снеготаяния и интенсивных ливневых дождей. Образование крутых откосов по берегам связано с формированием русла реки и наличием водопрочных коренных пород. В нижней части поймы реки у устья особенно заметно влияние режима Волгоградского водохранилища, способствующего разрушению берегов и вымыванию древесной растительности (рисунок 5). Большой вклад в образование оврагов вносит и антропогенный фактор (вывод сточных труб, образованная дорожная сеть, выпас скота). Зафиксирована начальная стадия просадки грунта.



Останцы серого песчаника/
Remnants of gray sandstone

Провалы грунта/
Ground failures

Рисунок 3 – Эрозионные формы левобережья

Figure 3 – Erosional forms of the left bank



а) Размывы откосов /
a) Slope erosion

б) Рост оврага в результате
сброса стоков / b) The growth of
the ravine as a result of the dis-
charge of sewage

Рисунок 4 – Эрозионные процессы в пойме р. Сухая Мечётка
Figure 4-Erosion processes in the floodplain of the Sukhaya Mechetka river

Отложения аллювия реки местами проникают в верхнецарицынские высокообводнённые алевриты, являясь дренажной системой для палеогенового водоносного комплекса.

Иногда аллювиальный горизонт дренирует воды мечёткинского горизонта. Наличествует связь между горизонтами на бортах долин, верхне-балочными и аллювиальными отложениями [5].

Нарушенные почвы распространены в северной половине города Волгограда, на территориях, на которых во время Великой Отечественной войны происходили интенсивные боевые действия. Почвенный покров нарушен воронками снарядов, сооружением окопов, блиндажей, дотов, дзотов, заградительных рвов и валов. Многие выемки почвогрунта засыпаны мусором, мелкоземом, но часть все же сохранилась. Поверхность почвы неровная. Почвогрунты рассолены. Плодородие почв умеренное. Морфологические горизонты нарушены, повышено содержание антропогенных включений. Лесопригодность почв вполне удовлетворительная [10].



Рисунок 5 – Устьевая часть р. Сухая Мечётка

Figure 5 – Estuary of the Sukhaya Mechetka River

В настоящий момент прибрежная зона р. Сухая Мечётка захламлена твердыми коммунальными отходами (ТКО) и строительными отходами. Отмечается наличие различных организованных водовыпусков, в т.ч. ливневой канализации. Прибрежная зона характеризуется зарастанием древесно-кустарниковой растительностью, а русло реки тростником. Установлены насосные станции для осуществления водозабора на хозяйственные нужды. Перечисленные обстоятельства влияют на гидрологический и гидрохимический режимы реки и ее экологическое состояние.

По результатам обследования водного объекта в пределах прибрежной зоны выявлено 44 места размещения твердых коммунальных и строительных отходов (рисунок 6,7) общей площадью 2389 м² и объемом 460,1 м³, из них 441 м³ приходится на ТКО. Имеются некоторые участки прибрежной зоны, где не было зафиксировано свалочного мусора по геометрическим параметрам (площадь, высота), но имеются территории с различной степенью захламленности. При большой протяженности (более 100 м) или частоты встречаемости фрагментов отходов и мусора данные участки территории представляют собой фон захламливания. Территории, захламленные отходами с различной степенью, отмечаются на маршруте с опорными точками, представленными в таблице 1 и рисунке 8. На данных территориях, учитывая рельеф и степень зарастания древесно-кустарниковой растительностью, возможен только ручной способ сбора отходов, что существенно увеличивает стоимость работ.



Рисунок 6 – Захламлённость ТКО прибрежной зоны

Figure 6 – Littering of solid municipal waste in the coastal zone

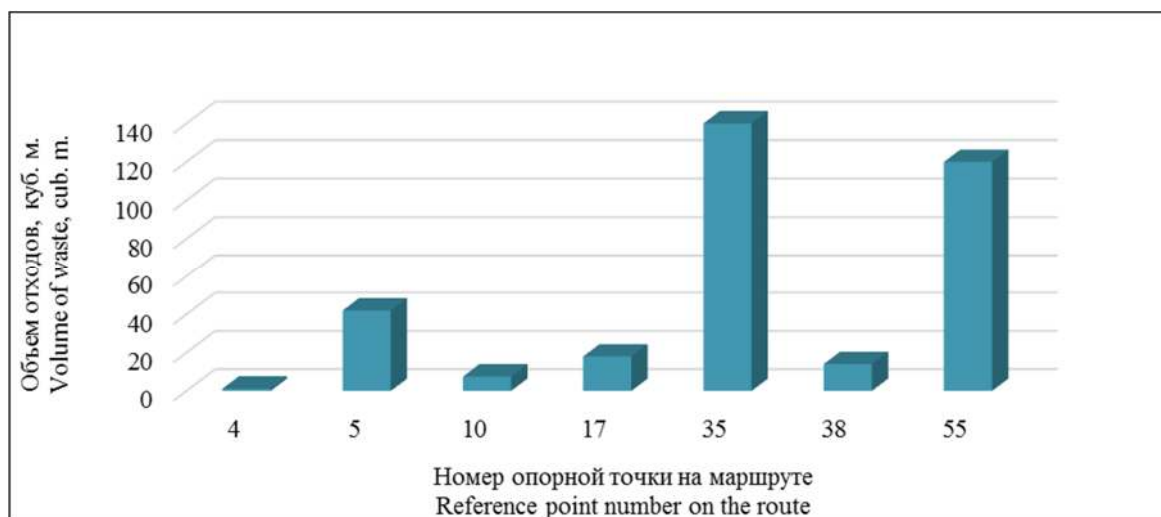


Рисунок 7 – Захламленность прибрежной зоны строительными отходами

Figure 7 – Littering of the coastal zone with construction waste

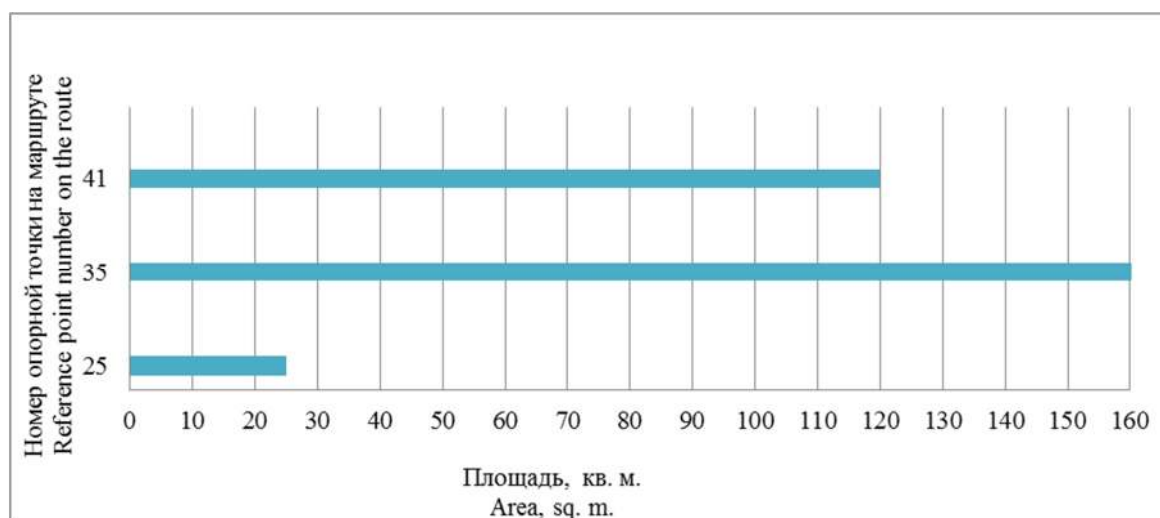


Рисунок 8 – Фоновое распределение отходов по маршруту следования

Figure 8 – Background distribution of waste along the route

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 опорной точки / reference point number	Площадь, м ² / area, sq. m	Степень захлам- ленности терри- тории, ед. з.* / The degree of clutter of the terri- tory, units	Характеристика степе- ни захламленности территории / Characteristics of cluttered territory
1	С 48°50'58,104" В 44°37'32,832"	25	25	41-60	Захламленная территория / Cluttered territory
2	С 48°50'21,306" В 44°37'00,588"	35	1400	41-60	Захламленная территория / Cluttered territory
3	С 48°49'55,506" В 44°37'46,620"	41	120	более 61	Сильно захламленная территория/ Heavily cluttered area

* ед. з – одна единица захламления, т.е. предметом с длиной стороны от 10...25 см и более, которая удалена от другой единицы захламления на расстоянии 1 м и более.

На повышение водности, а также на гидрохимический и уровненный режимы водного объекта большое влияние оказывают водовыпуски и зарегулированность стока [11]. В ходе рекогносцировочного обследования водного объекта было отмечено 7 водовыпусков канализационных стоков, 4 водопропускных ГТС, а также большое количество стихийных свалок, фрагментарно представленных на рисунках 9, 10.

Многие ГТС и водовыпуски завалены отходами либо заросли древесно-кустарниковой растительностью и тростником, что влияет на водопропускную способность и качество поверхностной воды.

В процессе депонирования отходов в реку поступают вещества, негативно влияющие на экологическое состояние объекта и качество воды (рисунок 9).

Комплексная оценка современного экологического состояния территории проводилась в соответствии с нормативными требованиями (таблица 2) с использованием в качестве критерия оценки ПДК (ОДК) для водных объектов питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для рекреационного водопользования.



Рисунок 9 – Стихийная свалка ТКО на защитной прибрежной зоне

Figure 9-Spontaneous landfill of MSW in the protective coastal zone



Рисунок 10 – Водовыпуски и водопропускные гидротехнические сооружения

Figure 10-Water outlets and and culverts of hydraulic structures

Мутность воды в реках и прибрежных районах водоемов повышается при дождях, паводках, таянии ледников. Как правило, зимой уровень мутности в водоемах наиболее низкий, наиболее высокий – весной и во время летних дождей ливневого характера.

Таблица 2 – Характеристика состояния загрязненности воды

Table 2 – Characteristics of the state of water po

Пункт наблюдения (точка отбора пробы) / Observation point (sampling point)	Характеристика состояния загрязненности воды (УКИЗВ, класс и разряд) / Characteristics of the state of water pollution (UKIP, class and category)	Критические показатели загрязнения воды (КПЗ) / Critical indicators of water pollution
Северно-западная окраина СНТ «Дзержинец», в месте пересечения автомобильная дороги «3-я Продольная магистраль» и р. Сухая Мечётка / The north-western edge of the SNT "Dzerzhinets", at the intersection of the highway "3rd Longitudinal highway" and the river Sukhaya Mechetka	УКИЗВ =2,35 Класс 3 – загрязненная Разряд «б» - очень загрязненная / UKIP =2.35 Class 3-polluted Category "b" - very dirty	Мутность, сухой остаток/ Turbidity, dry residue
140 м. выше места впадения в р. Волгу / 140 m above the confluence with the Volga River	УКИЗВ =2,35 Класс 3 – загрязненная Разряд «б» - очень загрязненная/ UKIP =2.35 Class 3-polluted Category "b" - very dirty	Мутность, марганец./ Turbidity, manganese

Оценка анализа образцов донных отложений производилась в соответствии с Приказом Минприроды России №112 от 24 февраля 2014 «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов». Результаты оценки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика загрязнений в донных отложениях реки

Table 3 - Characteristics of pollution in the river bottom sediments

Пункт наблюдения (точка отбора пробы) / Observation point (sampling point)	Значение коэффициента донной аккумуляции (КДА), загрязняющие вещества / The value of the bottom accumulation coefficient (BAC), pollutants	Характеристика загрязнений / Characteristics of pollution
Северно-западная окраина СНТ «Дзержинец», в месте пересечения автомобильной дороги «3-я Продольная магистраль» и р. Сухая Мечётка / The north-western edge of the SNT "Dzerzhinets" , at the intersection of the highway "3rd Longitudinal highway" and the river Sukhaya Mechetka	КДА = 100-9000 Цинк, вал. (КДА =2304); Свинец, вал. (КДА =6400); Нефтепродукты (КДА=4064);	поступление в водный объект свежих загрязнений / fresh pollution entering the water body
	КДА = 10000-90000 Медь, вал. (КДА =25500) / KDA = 100-9000 Zinc, val. ((BAC =2304); Lead, shaft. ((BAC =6400); Petroleum products (BAC =4064); BAC = 10000-90000 Copper, shaft. ((BAC =25500)	высокий уровень хронического загрязнения водного объекта / high level of long-term pollution of the water body
140 м. выше места впадения в р. Волгу/ 140 m above the confluence with the Volga River	КДА = 100-9000 Марганец, вал. (КДА = 437) Цинк, вал. (КДА =1180); Нефтепродукты (КДА=1489); Медь вал.(КДА=6153) / BAC = 100-9000 Manganese, val. ((BAC = 437) Zinc, val. ((BAC =1180); Petroleum products (BAC =1489); Copper shaft.(BAC =6153)	поступление в водный объект свежих загрязнений / fresh pollution entering the water body
	BAC = 10000-90000 Lead, shaft. ((BAC =10000).	высокий уровень хронического загрязнения водного объекта / high level of long-term pollution of the water body

Данные показывают, что на территории, прилегающей к истоковой части реки, отмечается значительное поступление таких загрязнений, как нефтепродукты и тяжелые металлы, в частности цинк и свинец.

На территории, прилегающей к устьевой части реки, отмечается поступление таких загрязняющих веществ, как нефтепродукты и тяжелые металлы – марганец, цинк и медь. Данные загрязнения с этой части в большом количестве поступят в р. Волгу, так как точка отбора донных отложений 140 м выше места впадения в р. Волгу. В целом анализ ситуации показывает, что через некоторое время произойдет «вторичное загрязнение» поверхностных вод водного объекта тяжелыми металлами, такими как медь и свинец, часть которых также поступит в поверхностные воды р. Волги.

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 сельскохозяйственных 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. Наибольший эффект от сапропеля получают при внесении под картофель, овощи, корнеплоды.

Для известкования почвы используют органо-известковые сапропели с содержанием окиси кальция (СаО) не менее 17 %. В нашем случае донные отложения в истоковой части реки хоть и относятся к органо-известковым, но по содержанию кальция (16,90 %) эффективность их использования будет незначительной.

В устьевой части донные отложения по содержанию кальция в объеме 20,74 %, можно отнести к известковым, которые можно использовать для известкования кислых почв.

Дозы применения рассчитывают по количеству извести, необходимому для нейтрализации почвенной кислотности.

На основании проведенных исследований с учетом требований нормативных документов можно установить допустимый уровень антропогенной нагрузки в элементах водных объектов.

Уровень антропогенной нагрузки по содержанию нефтепродуктов в водных объектах, находящихся в условиях высокоурбанизированной территории, варьирует на уровне 22...65 %.

Выводы. Маршрутными обследованиями определены основные источники загрязнения, а проведенный анализ антропогенной нагрузки, основанный на полученных гидрохимических показателях качества воды и донных отложений с учётом гидрогеологических условий реки рассматриваемой зоны, позволяет утверждать, что химический состав сосредоточенного и диффузного стока с обследованных территорий в настоящем времени не достигает критических уровней допустимых значений даже при том, что уровень антропогенной нагрузки по содержанию нефтепродуктов в р. Сухая Мечётка на участках, находящихся в условиях высокоурбанизированной территории, варьирует на уровне 22...65 %, захламлённость водоохранной зоны характеризуется как «сильно захламлённая», загрязнённость воды в реке – как «очень загрязнённая», загрязнённость донных отложений – как «высокий уровень хронического загрязнения водного объекта».

Совокупность установленных характеристик водоохранной территории, качества воды и донных отложений вводит общее экологическое состояние в «зону неустойчивого экологического равновесия». Это обуславливает необходимость введения санитарно-экологического мониторинга за поверхностным стоком с основных источников загрязнения и, в случае необходимости, юридическое понуждение их собственников и/или органов власти к устранению источников, опасных для функционирования системы «окружающая среда – качество воды – здоровье человека».

Библиографический список

1. Брылёв В. А., Соснина А. С. Геоэкологическое состояние рек Волгоградской агломерации // Академическая наука – проблемы и достижения, North Charleston, 24-25 октября 2016 г. GreateSpace, 2016. С. 20-23.
2. Водохранилища, пруды и озёра Волгоградской области / А. С. Овчинников, В. Ф. Лобойко, С. В. Яковлев, А. Ю. Овчарова, Е. А. Иванцова, И. А. Соловьёва. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. 352 с.

3. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геологическое состояние / В. А. Брылёв, И. С. Дедова, Н. П. Дьяченко, Е. В. Мелихова [и др.]: коллективная монография. М.: 2011. 528 с.
4. Геологическая карта / В. А. Брылёв, Т. Н. Буруль, Л. В. Деточенко, И. С. Дедова [и др.] // Географический атлас-справочник Волгоградской области. М., 2016. С. 12-13.
5. Геоморфология Волгоградской области / В. А. Брылёв, И. С. Дедова, Н. П. Дьяченко, Е. В. Мелихова, Ю. А. Голикова: коллективная монография. М., 2017. 223 с.
6. Куприянов В. В. Гидрологические аспекты урбанизации: гидрология городов и урбанизированных территорий. Л.: Гидрометеиздат, 2013. № 11. С. 24-26.
7. 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.
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, ноябрь 2015 г.). 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. 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.
13. 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.
14. Pantini S., Lombardi F., Verginelli I. A new screening model for leachate production assessment at landfill sites // International journal of Environmental Science and Technology. 2013. № 11. P. 98-108.

Conclusions. Route surveys have identified the main sources of pollution, and the analysis of anthropogenic load, based on the obtained hydrochemical indicators of water quality and bottom sediments, taking into account the hydrogeological conditions of the river in the zone under consideration, suggests that the chemical composition of concentrated and diffuse runoff from the surveyed territories currently does not reach critical levels of acceptable values, even though the level of anthropogenic load on the content of petroleum products in the river. The dry Grid on the sites located in the conditions of a highly urbanized territory varies at the level of 22 ... 65%, the clutteriness of the water protection zone is characterized as "highly cluttered", the pollution of water in the river-as "very polluted", the pollution of bottom sediments – as" a high level of chronic pollution of the water body".

The set of established characteristics of the water protection area, water quality and bottom sediments introduces the general ecological state into the "zone of unstable ecological balance". This makes it necessary to introduce sanitary and environmental monitoring of surface runoff from the main sources of pollution and, if necessary, to legally compel their owners and / or authorities to eliminate sources that are dangerous for the functioning of the "environment-water quality – human health" system.

References

1. Bryljov V. A., Sosnina A. S. Geojekologicheskoe sostoyanie rek Volgogradskoj aglomeracii // Akademicheskaya nauka - problemy i dostizheniya, North Charleston, 24-25 oktyabrya 2016 g. GreateSpace, 2016. P. 20-23.
2. Vodohranilishcha, prudy i ozjora Volgogradskoj oblasti / A. S. Ovchinnikov, V. F. Lobjko, S. V. Yakovlev, A. Yu. Ovcharova, E. A. Ivancova, I. A. Solov'jova. Volgograd: Volgogradskij GAU, 2020. 352 sp.
3. Volgogradskaya oblast': prirodnye usloviya, resursy, hozyajstvo, naselenie, geologicheskoe sostoyanie / V. A. Bryljov, I. S. Dedova, N. P. D'yachenko, E. V. Melihova [i dr.]: kollektivnaya monografiya. M.: 2011. 528 p.
4. Geologicheskaya karta / V. A. Bryljov, T. N. Burul', L. V. Detochenko, I. S. De-dova [i dr.] // Geograficheskij atlas-spravochnik Volgogradskoj oblasti. M., 2016. P. 12-13.
5. Geomorfologiya Volgogradskoj oblasti / V. A. Bryljov, I. S. Dedova, N. P. D'yachenko, E. V. Melihova, Yu. A. Golikova: kollektivnaya monografiya. M., 2017. 223 p.
6. Kupriyanov V. V. Gidrologicheskie aspekty urbanizacii: gidrologiya gorodov i urbanizirovannyh territorij. L.: Gidrometeoizdat, 2013. № 11. P. 24-26.
7. O nekotoryh aspektah ocenki negativnogo antropogennogo vozdejstviya na kachestvo poverhnostnyh vodnyh ob'ektov v sisteme obespecheniya jkologicheskoy bezopasnosti / R. N. Bubenov, V. I. Borisenko, A. A. Danilenko, L. A. Bubenova // Yug Rossii jkologiya, razvitie. 2018. № 13 (4). P. 147-156.
8. Semenenko S. Ya., Morozova N. V. Rekul'tivaciya pochvy metodom fermentativnoj biostimulyacii na ob'ekte zahoroneniya tvjordyh bytovyh othodov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i professional'noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 78-86.
9. Sovremennoe sostoyanie i problemy razvitiya vodohozyajstvennoj sfery v regionah yuga Rossii / T. A. Shehbazova, A. A. Vartumyan, I. S. Shtapova, N. V. Medyanik, N. P. Zhukovskaya // Yug Rossii: jkologiya, razvitie. 2017. № 12 (1). P. 62-72.
10. Sorokina E. I., Makovkina L. N. jkologicheskie problemy vodnyh ob'ektov Volgogradskoj oblasti // Aktual'nye problemy prava: materialy Mezhdunar. nauch. konf. (Moskva, noyabr' 2015 g.). Moskva; Buki-Vedi, 2015. P. 173-176.
11. Telichenko V. I., Potapov A. D., Blazi K. Ocenka tehnogennogo vozdejstviya na rechnye jkosistemy i uroven' jekologicheskoy opasnosti zagryaznennyh donnyh otlo-zhenij // Integraciya, partnerstvo i innovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii: sb. materialov Mezhdunar. nauch. konf. M.: MGSU, 2012. P. 506-512.
12. 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.
13. 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.
14. Pantini S., Lombardi F., Verginelli I. A new screening model for leachate production assessment at landfill sites // International journal of Environmental Science and Technology. 2013. № 11. P. 98-108.

Authors Information

Semenenko Sergey Yakovlevich. Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian University (40002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), phone 8(961)-068-52-07

Morozova Nataliya Vladimirovna. Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Center "Nemchinovka" (143026, Russian Federation, Moscow region, Odintsovo district, Nemchinovka, Agrochemists Street, 6), phone 8(961)-068-52-07

Marchenko Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd Agrarian University (40002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), phone 8(909)-377-95-99

Kolobanova Nina Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26, phone: 8(917)831-64-21

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: sergeysemenenko@list.ru, телефон 8(961)-068-52-07.

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, телефон: 8(905) 331-20-30.

Марченко Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: marchenkosergey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99.

Колобанова Нина Александровна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: kolobanova.nina@yandex.ru, телефон: 8(917)831-64-21.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43

GLYCERBORATE DETERGENT-PASSIVATING AGENT FOR REPAIR PRODUCTION OF AUTOMOTIVE TECHNOLOGY

I. V. Fadeev¹, I. A. Uspensky², L. Sh. Pestrjaeva³, Sh. V. Sadatdinov⁴

¹Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

³Chuvash State Agrarian University, Cheboksary

⁴Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

Received 01.03.2021

Submitted 16.05.2021

Summary

The article presents the results of a study of the effect of the concentration of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate in an aqueous solution on the degree of purification and corrosion rate of the cleaned metal surface. With an increase in the concentration of glyceroborate compounds, the degree of surface cleaning increases. The greatest detergent effect is possessed by 20% aqueous solutions of glyceroborate compounds at a temperature of 60°C. Gravimetric and electrochemical studies have shown that the introduction of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate into a corrosive environment significantly reduces the rate of metal ionization. The greatest passivating effect is possessed by glycerol borate of oleic acid. The test results make it possible to recommend solutions of the investigated glyceroborate compounds as detergents and passivators in the repair of automotive vehicles.

Abstract

Introduction. One of the important tasks in the repair work of automotive vehicles is a high-quality washing of machine parts and assemblies, followed by a passivating action in relation to the surface to be cleaned. For this, traditional washing-passivating solutions of sodium hydroxide, soda ash, sodium phosphates and metasilicates are used. The disadvantages of these products are their low detergent and anti-corrosion properties. Therefore, the development of new detergent-passivating agents for cleaning metal surfaces with high detergent and anticorrosive properties are relevant and in demand. **Object.** The object of research is glyceroborates, which were used as glycerol borate of the general formula $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{BOH}$, synthesized by interaction of boric acid with glycerol, as well as glycerol borates partially esterified with oleic acid or stearic acid, respectively, glyceroborate of oleic acid of general formula $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BOH}$ and stearic acid glyceroborate of general formula $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BOH}$. **Materials and methods.** In order to determine the possibility of using borate-containing compounds: glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate as new detergent-passivating agents for cleaning the

surface of parts during the repair of automotive vehicles, the effect of their concentrations in an aqueous solution on the detergent and anticorrosive properties of the solution was studied. Experiments on the effect of glyceroborates on the degree of cleaning of a metal surface were carried out according to the well-known and widely used in scientific experiment gravimetric method with the calculation of the percentage of wash-off of contaminants from the metal surface. The degree of washing was monitored by the contact angle (Θ) of the surface by applying a drop of liquid to the washed surface. The anticorrosive properties were studied by gravimetric and electrochemical methods. In the electrochemical method, the passivating properties of solutions were determined from the change in the stationary potentials of the test samples with time in the test solutions using a high-resistance P-5848 voltmeter-potentiostat. Plates of steel 20 with dimensions of $150 \times 70 \times 2$ mm were used as samples, and the contamination was a mixture of used engine oil with a resinous deposit in a centrifuge in a mass ratio of 2:1. **Results and conclusions.** From the results of the experiments it follows that the degree of cleaning of the metal surface depends on the concentration of glyceroborates. At a concentration of 20 wt. % of glyceroborates, the highest purity value is achieved. A further increase in their concentration does not lead to a significant improvement in the indicator under consideration. At the same time, in terms of the effectiveness of influencing the quality of purification, glyceroborate compounds are located in the row: glycerol borate < oleic acid glyceroborate < stearic acid glyceroborate. The value of the degree of purification increases with increasing temperature of the solution. The greatest detergent effect is possessed by 20% aqueous solutions of glyceroborate compounds at a temperature of 60°C . Corrosion tests have shown that the introduction of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate into water significantly reduces the rate of metal ionization. The corrosion rate of steel 20 in water after 24 hours and 120 hours of testing is 0.0576 and 0.0425 $\text{g/m}^2\cdot\text{h}$. In the presence of glyceroborate additives, the corrosion rate of steel in water decreases and after 24 hours and 120 hours of testing is equal to 0.0250 and 0.0154 in the presence of glycerol borate; in the presence of oleic acid glyceroborate – 0.0134 and 0.0084; in the presence of stearic acid glyceroborate – 0.0072 and 0.0025 $\text{g/m}^2\cdot\text{h}$. From the given data on the corrosion rate, it follows that oleic acid glyceroborate to a greater extent inhibits the corrosion rate of steel 20 in the series glycerol borate < oleic acid glyceroborate < stearic acid glyceroborate. In this series, the degree of protection (Z) is from 63.76% to 94.12%, and the braking coefficient is from 2.8 to 17.0 (after 120 hours of testing). Measurements of stationary potentials showed that the electrode potential of steel 20 in water after 24 hours takes on a value of -0.52V . The introduction of glyceroborate compounds contributes to the refinement of the electrode potentials of steel 20 and after 24 hours their values are equal: in a 20% solution of glycerol borate (-0.30V), in a 20% solution of oleic acid glyceroborate (-0.22V), in a 20% stearic acid glyceroborate solution (-0.15V). The greatest passivating effect is possessed by glycerol borate of oleic acid. After 24 hours, the electrode potentials of steel 20 acquire more positive values as compared to water in all cases of using glyceroborate compounds and in the same sequence. The studies carried out show that 20% aqueous solutions of glycerol borate, stearic acid glyceroborate and oleic acid glyceroborate have effective detergent and passivating properties when cleaning a metal surface, and therefore they can be recommended as detergent-passivating agents for cleaning parts during repair works of automotive equipment.

Keywords: *synthetic detergents, aqueous solution of glycerol borate, stearic acid glyceroborate, oleic acid glyceroborate, degree of purification, contact angle, corrosion rate, washing of automotive vehicle parts.*

Citation. Fadeev I. V., Uspensky I. A., Pestrjaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V. Glyceroborate detergent-passivating agent for repair production of automotive technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 431-441 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43.

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 620.193:629.3.083.5

**ГЛИЦЕРОБОРАТНОЕ МОЮЩЕ-ПАССИВИРУЮЩЕЕ СРЕДСТВО
ДЛЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

И. В. Фадеев¹, доктор технических наук, доцент,
И. А. Успенский², доктор технических наук, профессор,
Л. Ш. Пестряева³, кандидат педагогических наук, доцент,
Ш. В. Садетдинов⁴, доктор химических наук, профессор

¹Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары²Рязанский агротехнологический университет им П. А. Костычева, Рязань³Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары⁴Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 16.05.2021

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния концентрации глицеринового бората (ГБ), глицеробората олеиновой кислоты (ГБОК) и глицеробората стеариновой кислоты (ГБСК) в водном растворе на степень очистки и скорость коррозии очищаемой металлической поверхности. С повышением концентрации глицероборатных соединений увеличивается степень очистки поверхности. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °С. Гравиметрическими, электрохимическими исследованиями установлено, что введение ГБ, ГБСК и ГБОК в коррозионную среду существенно снижает скорость ионизации металла. Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Результаты испытаний позволяют рекомендовать растворы исследованных глицероборатных соединений в качестве моюще-пассивирующих средств при ремонтных работах автотракторной техники.

Актуальность. Одной из важных задач при ремонтных работах автотракторной техники является качественная мойка деталей и узлов машин с последующим пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности. Для этого применяют традиционные моюще-пассивирующие растворы едкого натра, кальцинированной соды, фосфатов и метасиликатов натрия. Недостатками этих средств являются их низкие моющие и противокоррозионные свойства. Поэтому разработка новых моюще-пассивирующих средств для очистки металлической поверхности с высокими показателями моющего и противокоррозионного свойств является актуальной и востребованной. **Объект.** Объектом исследований являются глицеробораты, в качестве которых использовали глицериновый борат (ГБ) общей формулы $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{ВОН}$, синтезированный путем взаимодействия борной кислоты с глицерином, а также бораты глицерина частично этерифицированные олеиновой кислотой или стеариновой кислотой, соответственно глицероборат олеиновой кислоты (ГБОК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{ВОН}$ и глицероборат стеариновой кислоты (ГБСК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{ВОН}$. **Материалы и методы.** С целью определения возможности использования боратсодержащих соединений: ГБ, ГБОК и ГБСК в качестве новых моюще-пассивирующих средств для очистки поверхности деталей при ремонте автотракторной техники исследовано влияние их концентраций в водном растворе на моющие и противокоррозионные свойства раствора. Опыты по влиянию глицероборатов на степень очистки металлической поверхности проводили по известной и широко применяемой в научном эксперименте гравиметрическим методом с вычислением процента смываемости загрязнений с поверхности металла. Контроль степени отмытки осуществляли по краевому углу смачивания (Θ) поверхности методом нанесения капли жидкости на вымытую поверхность. Противокоррозионные свойства изучали гравиметрическим и электрохимическим методами. При электрохимическом методе пассивирующие свойства растворов определяли по изменению стационарных потенциалов опытных образцов во времени в исследуемых растворах с использованием высокоомного вольтметр-потенциостата П-5848. В качестве образцов использовали пластины из стали 20 размером 150×70×2 мм, а загрязнения – смесь отработавшего моторного масла со смолистым отложением в центрифуге в массовом соотношении 2 : 1. **Ре-**

зультаты и выводы. Из результатов экспериментов следует, что степень очистки металлической поверхности зависит от концентрации глицероборатов. При концентрации 20 мас. % глицероборатов достигается наивысшее значение степени очистки. Дальнейшее повышение их концентрации не приводит к существенному улучшению рассматриваемого показателя. При этом по эффективности влияния на качество очистки глицероборатные соединения располагаются в ряд: ГБ < ГБСК < ГБОК. Значение степени очистки увеличивается с повышением температуры раствора. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °С. Коррозионные испытания показали, что введение в воду ГБ, ГБСК и ГБОК существенно снижает скорость ионизации металла. Скорость коррозии стали 20 в воде после 24 ч и 120 ч испытания составляет 0,0576 и 0,0425 г/м²·ч. В присутствии глицероборатных добавок скорость коррозии стали в воде понижается и через 24 ч и 120 ч испытания равна в присутствии ГБ – 0,0250 и 0,0154; в присутствии ГБСК – 0,0134 и 0,0084; в присутствии ГБОК – 0,0072 и 0,0025 г/м²·ч. Из приведенных данных по скорости коррозии следует, что глицероборат олеиновой кислоты в большей степени тормозит скорость коррозии стали 20 в ряду ГБ < ГБСК < ГБОК. В указанном ряду степень защиты (Z) составляет от 63,76 % до 94,12 %, а коэффициент торможения – от 2,8 до 17,0 (после 120 часов испытания). Измерения стационарных потенциалов показали, что электродный потенциал стали 20 в воде через 24 часа принимает значение –0,52В. Введение глицероборатных соединений способствует облагораживанию электродных потенциалов стали 20 и через 24 часа их значения равны: в 20 %-м растворе ГБ (–0,30В), в 20 %-м растворе ГБСК (–0,22В), в 20 %-м растворе ГБОК (–0,15В). Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Электродные потенциалы стали 20 по истечении 24 ч приобретают более положительные значения по сравнению с водой во всех случаях применения глицероборатных соединений и в той же последовательности. Проведенные исследования показывают, что 20 %-е водные растворы глицеринового бората, глицеробората стеариновой кислоты и глицеробората олеиновой кислоты обладают эффективными моющими и пассивирующими свойствами при мойке металлической поверхности, поэтому их можно рекомендовать в качестве моюще-пассивирующих средств для мойки деталей при ремонтных работах автотракторной техники.

Ключевые слова: синтетические моющие средства, водный раствор глицеринового бората, глицеробората стеариновая кислота, глицеробората олеиновая кислота, мойка деталей автотракторной техники.

Цитирование. Фадеев И. В., Успенский И. А., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В. Глицероборатное моюще-пассивирующее средство для ремонтного производства автотракторной техники. Известия НВ АУК, 2021. 2(62). 431-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43.

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. Для очистки поверхности деталей при ремонтных работах узлов и агрегатов машин применяют различные моющие и очищающие средства. Выбор группы моющих средств зависит от многих факторов: вида загрязнений, необходимой чистоты поверхности, воздействия моющего средства на материал поверхности, степени механизации способа очистки, санитарно-гигиенических и экономических требований [8, 9, 16].

При эксплуатации, ремонте и хранении детали машин подвергаются коррозии вследствие воздействия факторов внешней среды. Для снижения коррозионной агрессивности факторов внешней среды используют ингибиторы коррозии, защитное действие которых заключается в образовании на поверхности металла пассивирующей пленки, образованной в результате реакции между металлом, ингибитором и коррозионно-активной средой [4, 7, 17].

Традиционными моюще-пассивирующими средствами являются растворы едкого натра, кальцинированной соды, фосфатов и метасиликатов натрия. Недостатками этих средств являются их низкие моющие и противокоррозионные свойства [13, 14].

Поэтому разработка новых моюще-пассивирующих средств для очистки металлической поверхности с высокими показателями моющего и противокоррозионного свойств является актуальной и востребованной.

Цель работы – разработать новое моюще-пассивирующее средство на основе глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты для удаления загрязнений с металлической поверхности и его пассивации.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Исследование моющих свойств растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты в зависимости от их содержания.

2. Изучение противокоррозионных свойств растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты.

3. Разработка глицероборатного моюще-пассивирующего средства для очистки и пассивирования металлической поверхности на основе глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты.

Признаком научной новизны настоящей статьи является то, что в ней впервые приводятся экспериментальные данные о моющем и противокоррозионном свойствах растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты при очистке металлической поверхности. Кроме того, разработано новое, эффективное глицероборатное моюще-пассивирующее средство для очистки и пассивирования металлической поверхности. Изложенные в статье результаты ранее не опубликованы в научно-технической литературе.

Материалы и методы. В качестве глицероборатов использовали глицериновый борат (ГБ) общей формулы $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{BON}$, синтезированный путем взаимодействия борной кислоты с глицерином, а также бораты глицерина частично этерифицированные олеиновой кислотой или стеариновой кислотой, соответственно глицеробората олеиновой кислоты (ГБОК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BON}$ и глицеробората стеариновой кислоты (ГБСК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BON}$. Подробное описание методики синтеза и описание физико-химических свойств указанных глицероборатов не входит в задачу настоящей статьи, они описаны в монографии [15].

Опыты по влиянию глицероборатов на степень очистки металлической поверхности проводили по известной и широко применяемой в научном эксперименте методике [1, 17]. Образцы из стали 20 размером $150 \times 70 \times 2$ мм очищали с одной стороны и на очищенную поверхность образцов наносили загрязнение в виде смеси отработавшего моторного масла со смолистым отложением в центрифуге в массовом соотношении 2 : 1 равномерным слоем в количестве 0,1 г. Загрязненные образцы выдерживали на воздухе в течение 30 минут и взвешивали на аналитических весах ВЛА-200 г-М с точностью 0,0001 г. Далее образцы с загрязнением устанавливали в моечную установку с испытуемыми водными растворами глицеринового бората, глицеробората олеиновой кислоты, глицеробората стеариновой кислоты и производили мойку. Образцы после мойки высушивали и взвешивали. Степень очистки металлической поверхности определяли весовым методом с вычислением процента смываемости загрязнений с поверхности металла. Контроль степени отмытки осуществляли по краевому углу смачивания (θ) поверхности методом нанесения капли жидкости на вымытую поверхность. Каплю

дистиллированной воды размером 1-2 мм формировали с помощью кварцевого капилляра. Измерения контактного угла с точностью ± 1 градус проводили катетометром КМ-6 с угломерной головкой. Чем меньше угол θ , тем лучше жидкость смачивает металлическую поверхность и тем выше степень отмывания поверхности [10, 12].

Так как химический состав синтетических моющих растворов влияет на качество мойки, изучено влияние концентрации глицероборатов на степень очистки и смачиваемость металлической поверхности.

Противокоррозионные свойства 20 %-х растворов глицероборатных соединений к углеродистой стали проводили гравиметрическим методом. Скорость коррозии вычисляли по убыли массы образцов, отнесенной к единице поверхности за единицу времени. Образцы в количестве 3-5 выдерживали в растворах 8 ч, затем извлекали и оставляли на воздухе на 16 ч. Это составляло один цикл. Проводили 5 циклов испытаний (120 ч), после каждого цикла образцы взвешивали [3, 5, 6].

Результаты и обсуждение. Результаты исследования влияния содержания ГБ, ГБСК и ГБОК в водном растворе при 60 °С и продолжительности мойки 6 минут на степень очистки металлической поверхности представлены на рисунке 1.

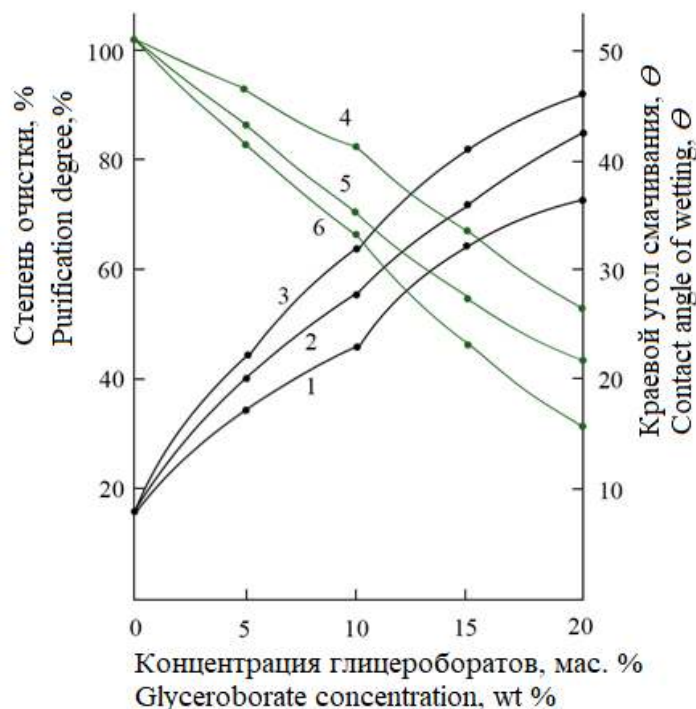


Рисунок 1 – Влияние концентрации ГБ (1, 4), ГБСК (2, 5) и ГБОЛК (3, 6) в водном растворе на степени очистки и краевой угол смачивания соответственно

Figure 1 – Effect of the concentration of GB (1, 4), GBSK (2, 5) and GBOLK (3, 6) in an aqueous solution on the degree of purification and contact angle, respectively

Из данных рисунка 1 следует, что степень очистки металлической поверхности зависит от концентрации глицероборатов. При концентрации 20 мас. % глицероборатов достигаются наивысшие значения степени очистки и наименьшего значения краевого угла смачивания. Дальнейшее повышение их концентрации не приводит к существенному улучшению рассматриваемых показателей.

При этом по эффективности влияния на качество очистки глицероборатные соединения располагаются в ряд: ГБ < ГБСК < ГБОК.

Известно, что эффективность моющего действия зависит от продолжительности мойки и температуры раствора [11]. В таблице представлены экспериментальные данные по влиянию продолжительности мойки и температуры 20%-го глицероборатного раствора на степень очистки и краевой угол смачивания металлической поверхности.

Таблица – Влияние продолжительности мойки и температуры 20 %-х глицероборатных растворов на степени очистки и краевой угол смачивания металлической поверхности

Table – Influence of the duration of washing and the temperature of 20 % glyceroborate solutions on the degree of cleaning and the contact angle of the metal surface

Температура раствора, °С / Solution temperature, °С	Продолжительность мойки, мин / Continue washing capacity, min	Раствор ГБ GB solution		Раствор ГБСК GBSK solution		Раствор ГБОК GBOC solution	
		Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ	Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ	Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ
20	2	38,6	50	46,4	44	62,6	39
	4	46,8	47	53,8	41	71,6	36
	6	54,6	43	62,8	39	79,4	33
	8	55,1	42	63,2	38	81,2	32
40	2	44,1	43	48,5	42	52,8	36
	4	50,8	40	61,2	37	63,7	33
	6	62,6	31	70,8	34	74,9	30
	8	63,0	30	72,3	33	75,6	27
60	2	55,8	35	58,7	34	64,8	32
	4	60,7	33	64,7	31	70,5	28
	6	72,9	27	84,8	22	91,4	16
	8	73,2	27	85,2	21	91,6	16
80	2	49,7	42	50,2	41	56,7	35
	4	50,6	40	51,6	4	55,8	36
	6	50,8	40	49,8	41	56,6	35
	8	48,3	42	50,6	41	56,0	35

Из данных таблицы видно, что глицероборатные соединения увеличивают степень очистки и уменьшают краевой угол смачивания металлической поверхности. При этом значения степени очистки увеличиваются с повышением температуры раствора от 20 до 80 °С. В интервале температур раствора от 60 до 80°С происходит уменьшение моющих свойств глицероборатного раствора. Данное явление можно объяснить выделением в раствор молекул коллоидных частиц, что в итоге приводит к уменьшению концентрации раствора и ухудшению моющего свойства. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °С и продолжительности процесса 6 минут.

Коррозионные испытания (рисунок 2) показали, что в воде сталь 20 интенсивно корродирует. Введение ГБ, ГБСК и ГБОК в коррозионную среду существенно снижает скорость ионизации металла. Скорость коррозии стали 20 в воде после 24 ч и 120 ч испытания составляет 0,0576 и 0,0425 г/м²·ч. В присутствии глицероборатных добавок скорость коррозии стали в воде понижается и равна через 24 ч и 120 ч испытания в

присутствии ГБ – 0,0250 и 0,0154; в присутствии ГБСК – 0,0134 и 0,0084; в присутствии ГБОК – 0,0072 и 0,0025 г/м²·ч. Из приведенных данных по скорости коррозии следует, что глицероборат олеиновой кислоты в большей степени тормозит скорость коррозии стали 20 в ряду ГБ < ГБСК < ГБОК. В указанном ряду степень защиты (Z) составляет от 63,76 % до 94,12 %, а коэффициент торможения – от 2,8 до 17,0 (после 120 часов испытания).

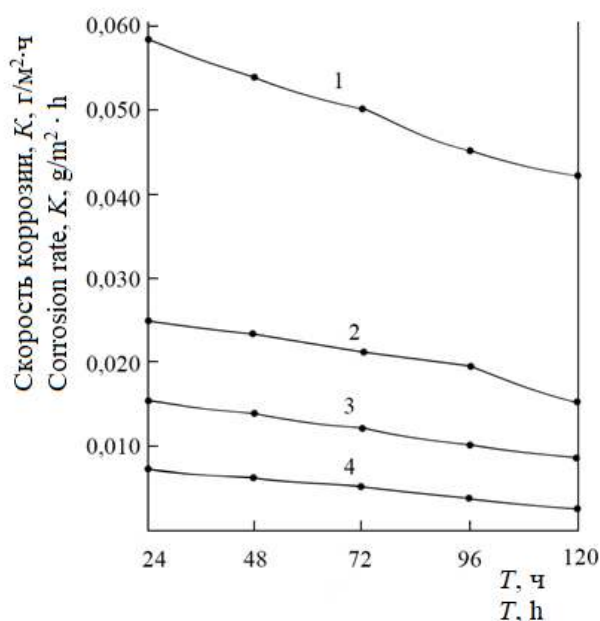


Рисунок 2 – Скорость коррозии стали Ст20: 1 – вода; 2 – 20 %-й раствор ГБ; 3 – 20 %-й раствор ГБСК; 4 – 20 %-й раствор ГБОК

Figure 2 – Corrosion rate of steel St20: 1 – water; 2 – 20 % GB solution; 3 – 20 % HBSC solution; 4 – 20 % HBOC solution

Информация о пассивирующих свойствах 20 %-х растворов глицероборатных соединений получена путем измерения стационарных потенциалов с помощью высокоомного вольтметра-потенциостата П-5848 [2, 18]. Электродный потенциал стали 20 в воде через 24 часа принимает значение –0,52В. Введение глицероборатных соединений способствует облагораживанию электродных потенциалов стали 20 и через 24 часа их значения равны: в 20 %-м растворе ГБ (–0,30В), в 20 %-м растворе ГБСК (–0,22В), в 20 %-м растворе ГБОК (–0,15В). Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Электродные потенциалы стали 20 по истечении 24 ч приобретают более положительные значения по сравнению с водой во всех случаях применения глицероборатных соединений и в той же последовательности. Согласно [15, 16], пассивация стали 20 в растворах глицероборатных соединений связана как с образованием защитных оксидных пленок, так и с их хемосорбцией на поверхности металла. При очистке металлической поверхности металлов глицероборатными растворами pH раствора составляет 9,2–10,1 и сохраняется в процессе мойки при загрязнении раствора. Следовательно, глицероборатные растворы обладают буферной емкостью, которая позволяет поддерживать необходимое значение pH раствора.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что 20 %-е водные растворы глицеринового бората, глицеробората стеариновой кислоты и глицеробората олеиновой кислоты обладают эффективными моющими и пассивирующими свойствами при мойке

металлической поверхности. Оптимальным режимом мойки глицероборатными соединениями является температура раствора 60 °С при продолжительности мойки 6 минут. Указанные растворы рекомендуются в качестве моюще-пассивирующих средств при ремонтных работах автотракторной техники.

Библиографический список

1. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В. В. Быков, Б. П. Загородских, А. Н. Ременцов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 249-255.
2. Защитное действие азот-, фосфорсодержащих ингибиторов коррозии стали и их промышленные испытания в условиях нефтедобычи и нефтепереработки // В. К. Половняк, И. В. Тимофеева, О. Н. Быстрова [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 3. С. 44-48.
3. Илларионов И. Е., Садетдинов Ш. В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы. 2019. № 4. С. 67-72.
4. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, А. С. Казарин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 365-376.
5. Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В., Пестряева Л. Ш. Влияние некоторых боратов на электрохимическое поведение стали в растворах синтетических моющих средств // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: сб. материалов Национальной (Всероссийской) науч.-практич. конференции, посвященной 55-летию создания кафедры технического сервиса (ремонта машин и технологии конструкционных материалов). 2019. С. 145-152.
6. Повышение коррозионной стойкости углеродистой стали с помощью дипинаконборатных соединений / Ш. В. Садетдинов, Л. Ш. Пестряева, И. В. Фадеев, Д. А. Пестряев // Черные металлы. 2020. № 11 (1067). С. 40-45.
7. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мобильной техники в АПК / Н. В. Бышов, И. В. Фадеев, Г. А. Александрова, Ш. В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 20-24.
8. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В. В. Быков, Б. П. Загородских, Ш. В. Садетдинов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.
9. Присадка к средствам для мойки деталей автотракторной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, Н. И. Хайлов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 414-425.
10. Разработка теплоизоляционных смесей для прибылей стальных отливок с использованием фосфатборатов / И. Е. Илларионов, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, И. А. Стрельников, Е. Н. Жирков // Черные металлы. 2020. № 7. С. 28-33.
11. Стрельников И. А., Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В. Влияние температуры раствора боратфосфатных моющих средств на качество очистки металла // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 2 (13). С. 23-28.
12. Тойгамбаев С. К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 3 (88). С. 217-221.
13. Фадеев И. В., Белов В. В., Садетдинов Ш. В. Применение тетраборатов лития, натрия, калия в качестве экологически чистых добавок к моющим средствам // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 21. С. 52-55.
14. Фадеев И. В., Садетдинов Ш. В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2014. № 6. С. 54-56.
15. Шварц Е. М. Взаимодействие борной кислоты со спиртами и оксикислотами. Рига: Зинатне, 1990. 414 с.

16. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.

17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>

18. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Conclusions. Studies have shown that 20% aqueous solutions of glycerol borate, stearic acid glyceroborate and oleic acid glyceroborate have effective detergent and passivating properties when washing metal surfaces. These solutions are recommended as detergents and passivators for repair work of automotive vehicles. The optimal mode of washing with glyceroborate compounds is a solution temperature of 60°C with a washing duration of 6 minutes.

References

1. Vliyanie temperatury rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv na ih moyuschuyu sposobnost' / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, A. N. Remencov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 249-255.

2. Zashitnoe dejstvie azot-, fosforsoderzhashchih ingibitorov korrozii stali i ih promyshlennye ispytaniya v usloviyah nefte dobychi i neftepererabotki // V. K. Polovnyak, I. V. Timofeeva, O. N. Bystrova [i dr.] // Praktika protivokorroziionnoy zaschity. 2006. № 3. P. 44-48.

3. Illarionov I. E., Sadetdinov Sh. V. Korroziya chernyh metallov v sredah, imitiruyuschih usloviya jekspluatacii avtomobilej // Chernye metally. 2019. № 4. P. 67-72.

4. Novye ingibitory korrozii dlya zaschity sel'skohozyajstvennoj tehniky / I. A. Uspenskij, I. V. Fadeev, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, A. S. Kazarin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 365-376.

5. Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V., Pestryaeva L. Sh. Vliyanie nekotorykh boratov na jlektrohimicheskoe povedenie stali v rastvorah sinteticheskikh moyuschih sredstv // Perspektivy razvitiya tehničeskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: sb. materialov Nacional'noj (Vserossijskoj) nauch. -- praktich. konferencii, posvyaschennoj 55-letiyu sozdaniya kafedry tehničeskogo servisa (remonta mashin i tehnologii kon-strukcionnyh materialov). 2019. P. 145-152.

6. Povyshenie korroziionnoj stojkosti uglerodistoj stali s pomosch'yu dipinakonboratnyh soedinenij / Sh. V. Sadetdinov, L. Sh. Pestryaeva, I. V. Fadeev, D. A. Pestryaev // Chernye metally. 2020. № 11 (1067). P. 40-45.

7. Povyshenie protivokorroziionnyh svojstv rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya mobil'noj tehniky v APK / N. V. Byshov, I. V. Fadeev, G. A. Aleksandrova, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. P. 20-24.

8. Povyshenie jffektivnosti moyki detalej pri remonte avtomobilej / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, Sh. V. Sadetdinov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 358-363.

9. Prisadka k sredstvam dlya moyki detalej avtotraktornoj tehniky / I. A. Uspenskij, I. V. Fadeev, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, N. I. Hajlov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). P. 414-425.

10. Razrabotka teploizolyacionnyh smesey dlya pribylej stal'nyh otlivok s ispol'zovaniem fosfatboratov / I. E. Illarionov, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, I. A. Strel'nikov, E. N. Zhirkov // Chernye metally. 2020. № 7. P. 28-33.

11. Strel'nikov I. A., Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V. Vliyanie temperatury rastvora borat-fosfatnyh moyuschih sredstv na kachestvo ochistki metalla // Mehanicheskoe oborudovanie metallurgicheskikh zavodov. 2019. № 2 (13). P. 23-28.

12. Tojgambaev S. K. Sovershenstvovanie processov ochistki detalej ot zagryaznenij pri remonte mashin // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki. 2016. № 3 (88). P. 217-221.
13. Fadeev I. V., Belov V. V., Sadetdinov Sh. V. Primenenie tetraboratov litiya, natriya, kaliya v kachestve [kologicheskij chistykh dobavok k moyuschim sredstvam // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2015. № 21. P. 52-55.
14. Fadeev I. V., Sadetdinov Sh. V. Novye moyuschie sredstva dlya uzlov i agregatov avto-transportnykh sredstv // Avtotransportnoe predpriyatie. 2014. № 6. P. 54-56.
15. Shvarc E. M. Vzaimodejstvie bornoj kisloty so spirtami i oksikislotami. Riga: Zinatne, 1990. 414 p.
16. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.
17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>
18. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Authors information

Fadeev Ivan Vasilyevich, head of the Department of machine science of the Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), doctor of technical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Uspensky Ivan Alekseevich, head of the Department of technical operation of transport of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Pestryaeva Lyudmila Sheizdanovna, associate professor of the Department of physical education and sports of the Chuvash State Agrarian University (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 31), candidate of pedagogical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Sadetdinov Sheizdan Vazykhovich, professor of the Department of materials science and metallurgical processes of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanova (Russia, 428000, Cheboksary, Moskovsky Ave., 15), doctor of chemical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Информация об авторах

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университет им. И. Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Пестряева Людмила Шейздановна, доцент кафедры физического воспитания и спорта Чувашского государственного аграрного университета (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 31), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Садетдинов Шейздан Вазыхович, профессор кафедры материаловедения и металлургических процессов Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова (РФ, 428000, г. Чебоксары, пр. Московский, 15), доктор химических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

RATIONALE FOR THE INTERACTION OF THE FRUIT OF MELONS WITH A BLADE HARVESTING ROTOR

M. N. Shaprov, A. V. Sedov, O. P. Sedova, A. V. Gurba

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 04.03.2021

Submitted 11.05.2021

Summary

The article presents theoretical studies that allowed us to obtain a condition for the movement of fruits on the surface of the field under the action of a pushing force. The value of this force should not exceed the permissible dynamic effect on the fruit and depends on the weight of the fruit and the technological properties of the soil, as well as on the design and kinematic parameters of the harvesting rotor. It is established that minimal damage to the fruit is provided in the case of rolling the fruit on the surface of the field when it moves to the center of the platform.

Abstract

Introduction. In modern economic conditions, a significant contribution to the production of agricultural products, including melons, is made by peasant farms, in which harvesting is almost everywhere carried out manually. The low level of mechanization of the harvesting process is explained by the lack of modern high-performance harvesting machines, so there was a need to create a rotary harvesting machine that ensures the production of melon crops of high quality and at the lowest cost. The proposed technological scheme of the rotary picker differs significantly from the known designs of pick-up devices in that the selection and loading of fruits is carried out without the preliminary formation of rolls, which significantly reduces costs and damage to fruits. The purpose of this study is to study the nature of the interaction of the fruit with the blade of the harvesting rotor in terms of reducing the damage to the fruit. **Object.** The object of research was the technological process of selecting fruits with a harvesting rotor. **Materials and methods.** When justifying the nature of the interaction of the fruit with the blade of the harvesting rotor, the following assumptions were made: the unit moves evenly and rectilinearly; the harvesting rotors rotate with a constant angular velocity; the height of the lifting of the fruit to the platform does not change during the harvesting process; the diameter and weight of the fruit are assumed to be equal to the maximum value, and the shape of the fruit is assumed to be spherical. **Results and conclusions.** The technological process of selecting fruits by the developed harvesting rotary picker is a sequence of consecutive operations that are performed in one turn of the harvesting rotor and depend on the specific operating conditions of the harvesting rotary and the actual location of the fruits in the field. To study the interaction of fruits with the blade of the harvesting rotor, a design scheme was drawn up, which made it possible to perform a theoretical justification of the technological process of selecting fruits. As a result of the study, a condition was obtained for the movement of fruits on the surface of the field under the action of a pushing force, which should not exceed the permissible dynamic effect on the fruit. The value of this force depends primarily on the weight of the fruit and the technological properties of the soil, as well as on the design and kinematic parameters of the harvesting rotor. It is established that the minimum damage to the fruit from the blades of the harvesting rotor is provided by rolling the fruit, located in the fruit-receiving cell of the harvesting rotor, when it moves across the field to the center of the platform.

Key words: *melon crops, harvesting rotor blade, force interaction, harvesting rotor parameters.*

Citation. Shaprov M.N., Sedov A.V., Sedova O.P., Gurba A.V. Rationale for the interaction of the fruit of melons with a blade harvesting rotor. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 442-454 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-44.

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 631.358

ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛОДОВ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР С ЛОПАСТЬЮ УБОРОЧНОГО РОТОРА

М. Н. Шапров, доктор технических наук, профессор

А. В. Седов, кандидат технических наук, доцент

О. П. Седова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. В. Гурба, преподаватель-исследователь

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 04.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. В современных экономических условиях значительный вклад в производство продукции сельского хозяйства, в том числе и бахчевых культур, вносят крестьянско-фермерские хозяйства, в которых уборка урожая почти повсеместно осуществляется вручную. Низкий уровень механизации уборочного процесса объясняется отсутствием современных высокопроизводительных уборочных машин, поэтому возникла необходимость создания роторной уборочной машины, обеспечивающей получение продукции бахчевых культур высокого качества и с наименьшими затратами. Предлагаемая технологическая схема роторного подборщика существенно отличается от известных конструкций подбирающих устройств тем, что подбор и погрузка плодов осуществляется без предварительного образования валков, что значительно снижает затраты и повреждение плодов. Целью настоящего исследования является изучение характера взаимодействия плода с лопастью уборочного ротора с точки зрения снижения повреждаемости плодов. **Объект.** Объектом исследований являлся технологический процесс подбора плодов уборочным ротором. **Материалы и методы.** При обосновании характера взаимодействия плода с лопастью уборочного ротора подборщика были приняты следующие допущения: агрегат движется равномерно и прямолинейно; уборочные роторы вращаются с постоянной угловой скоростью; высота подъема плодов на платформу в процессе уборки не меняется; диаметр и массу плодов принимаем равными максимальному значению, а форму плодов принимаем шарообразной. **Результаты.** Технологический процесс подбора плодов разработанным роторным подборщиком представляет собой последовательность следующих друг за другом операций, которые выполняются за один оборот уборочного ротора и зависят от конкретных условий работы роторного подборщика и фактического расположения плодов на поле. Для исследования взаимодействия плодов с лопастью уборочного ротора была составлена расчетная схема, которая позволила выполнить теоретическое обоснование технологического процесса подбора плодов. **Заключение.** В результате выполненного исследования было получено условие перемещения плодов по поверхности поля под действием толкающей силы, которая не должна превышать допустимое динамическое воздействие на плод. Величина данной силы зависит в первую очередь от массы плодов и технологических свойств почвы, а также от конструктивных и кинематических параметров уборочного ротора. Установлено, что минимальное повреждение плодов от лопастей уборочного ротора обеспечивается перекачиванием плода, находящегося в плодоприемной ячее уборочного ротора, при его движении по полю к центру платформы.

Ключевые слова: *плоды бахчевых культур, лопасть уборочного ротора, силовое взаимодействие, параметры уборочного ротора.*

Цитирование. Шапров М. Н., Седов А. В., Седова О. П., Гурба А. В. Обоснование взаимодействия плодов бахчевых культур с лопастью уборочного ротора. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 442-454. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-44.

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 современных экономических условиях значительный вклад в производство продукции сельского хозяйства, в том числе и бахчевых культур, вносят крестьянско-фермерские хозяйства. При этом площадь, занятая посевами бахчевых культур, в большинстве фермерских хозяйств составляет не более 20 га. На таких небольших площадях уборка урожая почти повсеместно осуществляется вручную [7, 12]. В структуре себестоимости бахчевых культур затраты ручного труда на уборку урожая занимают 40...60 % всех затрат на возделывание этих культур. Низкий уровень механизации уборочного процесса объясняется отсутствием современных высокопроизводительных уборочных машин, применение которых позволило бы значительно снизить себестоимость получаемой продукции. Разработанные и выпускавшиеся в советские годы бахчеуборочные машины практически исчезли, но и они не соответствовали агротехническим требованиям по качественным показателям [5].

В связи с этим возникла необходимость создания роторной уборочной машины, обеспечивающей получение продукции бахчевых культур высокого качества и с наименьшими затратами. Целью наших исследований является изучение характера взаимодействия плода с лопастью уборочного ротора с точки зрения снижения повреждаемости плодов.

Материалы и методы. Проведенный нами анализ применяемых в настоящее время технологий и способов уборки бахчевых культур показал, что наиболее эффективной с точки зрения качества и производительности технологического процесса является сплошная механизированная уборка, осуществляемая за один проход по полю с контролем качества плодов на стационарном пункте [10]. Для внедрения этой перспективной технологии нами была разработана конструкция прицепного роторного подборщика, который в агрегате с трактором качественно выполняет функции подбора и погрузки созревших плодов в транспортное средство и обеспечивает соблюдение всех предъявляемых к данному типу машин технологических требований. Рабочий орган в данной машине выполнен в виде двух ячеистых роторов, вращающихся навстречу друг другу, которые захватывают и смещают плоды в среднюю часть машины, а затем поднимают на платформу и перемещают на загрузочный транспортер [8]. Предлагаемая технологическая схема роторного подборщика существенно отличается от известных конструкций подбирающих устройств тем, что подбор и погрузка плодов осуществляется без предварительного валкообразования, что значительно снижает затраты и повреждение плодов.

Объектом исследований являлся технологический процесс подбора плодов уборочным ротором. При исследовании характера взаимодействия плода с лопастью уборочного ротора подборщика были приняты следующие допущения: агрегат движется равномерно и прямолинейно; уборочные роторы вращаются с постоянной угловой скоростью; высота подъема плодов на платформу в процессе уборки не меняется; диаметр и массу плодов принимаем равными максимальному значению, а форму плодов принимаем шарообразной.

Результаты и обсуждение. Технологический процесс подбора плодов разработанным роторным подборщиком представляет собой последовательность следующих друг за другом операций, при которых осуществляется взаимодействие лопасти уборочного ротора с плодом: захват плода лопастью, вкатывание в плодоприемную ячею и перемещение по полю, вкатывание на копирующую лыжу, подъем на платформу и освобождение из ячеи [9]. Данные операции выполняются за один оборот уборочного ротора и зависят от конкретных условий работы роторного подборщика и фактического расположения плодов на поле.

Для исследования процесса взаимодействия плодов с лопастью уборочного ротора составим расчетную схему, представленную на рисунке 1.

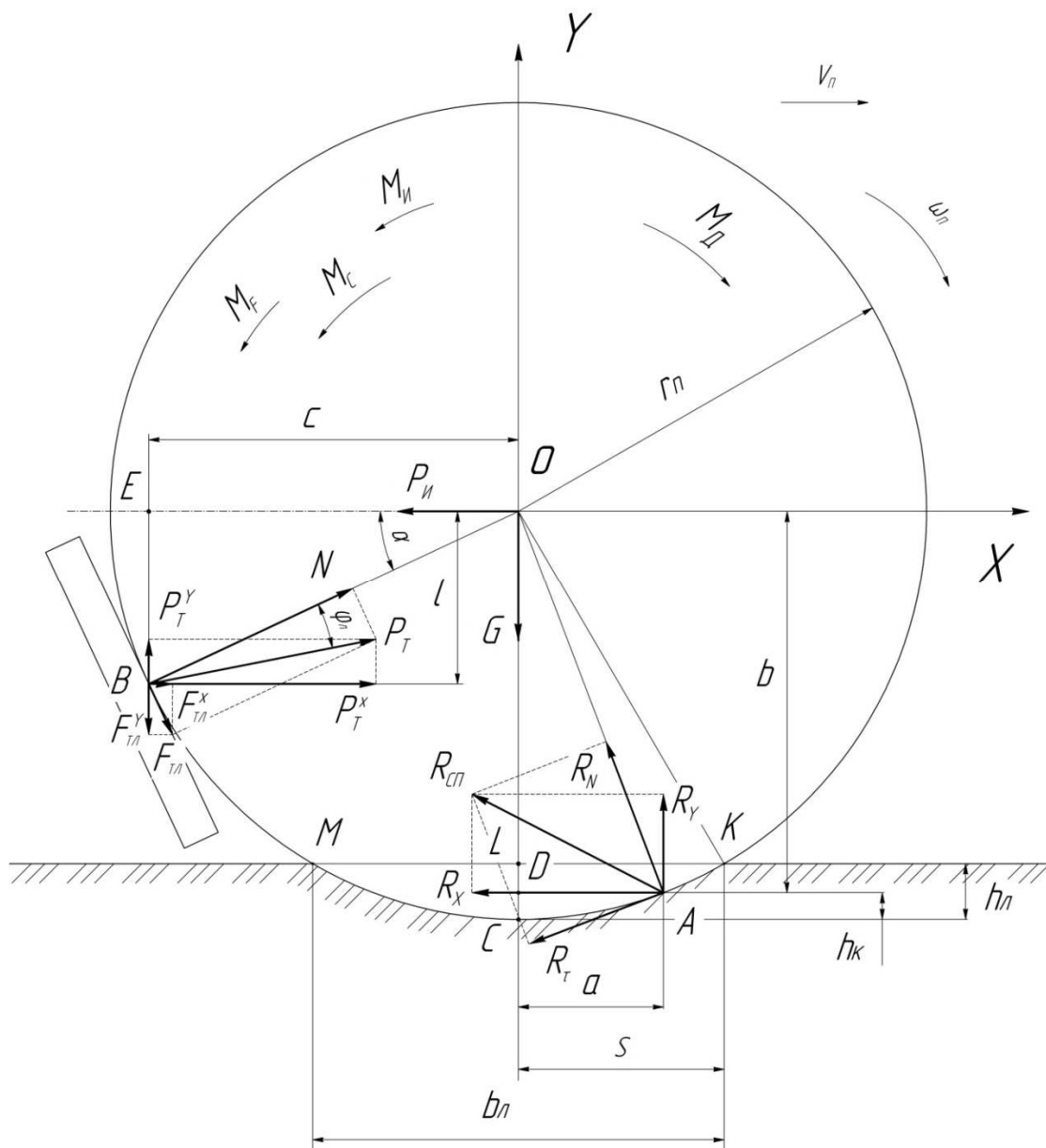


Рисунок 1 - Схема взаимодействия плодов с лопастью уборочного ротора

Figure 1 - Diagram of the interaction of fruits with the blade of the harvesting rotor

Плоды бахчевых культур на поверхности поля расположены в небольших углублениях, образованных в почве под их весом в процессе созревания, поэтому в первоначальный момент нижняя точка плода C находится ниже горизонтальной поверхности поля на величину h_L , глубина которой зависит не только от диаметра и массы плодов, но и от физико-механических свойств почвы.

Платформа подборщика установлена под углом α к горизонту. В этом случае уборочные роторы будут вращаться в плоскости параллельной платформе и направление взаимодействия лопасти ротора с плодом должно быть ниже его центра O , а точка контакта плода с лопастью уборочного ротора B будет расположена в его нижней половине, и сила

N , действующая на плод со стороны лопасти в нормальном направлении, будет также наклонена под углом α . Координаты точки контакта плода с лопастью уборочного ротора B относительно центра плода O можно определить из прямоугольного треугольника OBE .

В горизонтальном направлении точка B будет расположена на расстоянии c , которое находится по выражению:

$$c = r_{\Pi} \cos \alpha, \quad (1)$$

где r_{Π} – радиус плода, м; α – угол наклона платформы к горизонту, град;

В вертикальном направлении точка B смещена от центра плода O на расстояние l , определяемое по выражению:

$$l = r_{\Pi} \sin \alpha \quad (2)$$

При встрече лопасти ротора с плодом между ними возникает сила трения F_{TL} , которая приводит к отклонению нормальной силы N на угол трения φ_L и образованию равнодействующей толкающей силы P_T . Разложив толкающую силу P_T по осям X и Y , получим горизонтальную P_T^X и вертикальную P_T^Y – составляющие данной силы:

$$P_T^X = P_T \cos(\alpha - \varphi_L), \quad (3)$$

где φ_L – угол трения плодов о лопасть, град.

$$P_T^Y = P_T \sin(\alpha - \varphi_L) \quad (4)$$

Величина силы трения плода о лопасть F_{TL} определяется в зависимости от массы плодов и фрикционных свойств материала лопасти и плода по выражению:

$$F_{TL} = mg \tan \varphi_L = mg f_L, \quad (5)$$

где m – масса плода, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; φ_L и f_L – угол трения и коэффициент трения плодов о лопасть.

Аналогично разложим силу трения плода о лопасть ротора F_{TL} по осям X и Y на горизонтальную F_{TL}^X и вертикальную F_{TL}^Y составляющие с учетом выражения (5):

$$F_{TL}^X = mg \tan \varphi_L \sin \alpha \quad (6)$$

$$F_{TL}^Y = mg \tan \varphi_L \cos \alpha. \quad (7)$$

После встречи лопасти ротора с плодом он закатывается в плодоприемную ячейку и при дальнейшем вращении уборочного ротора совершает сложное движение, обусловленное воздействием на него приложенных сил и возникающих моментов, приводящих к поступательному движению плода со скоростью V_{Π} к центру платформы и его качению вокруг своей оси внутри плодоприемной ячейки с угловой скоростью ω_{Π} .

При движении плода по горизонтальной поверхности почвы на него действуют вертикальная сила тяжести $G = mg$ и сила инерции P_{Π} , обусловленные его массой. Сила инерции P_{Π} определяется из условия выкатывания плода из лунки по выражению:

$$P_{\Pi} = m \frac{v_{\Pi}^2 - v_{\Pi\Pi}^2}{s}, \quad (8)$$

где v_{Π} – конечная скорость плода, м/с; $v_{\Pi\Pi}$ – начальная скорость плода, м/с; s – расстояние выкатывания плода из лунки, м.

Так как в первоначальный момент плод находился в покое, то его начальная скорость $V_{\Pi\Pi} = 0$, а конечная скорость плода V_{Π} будет равна линейной скорости уборочного ротора V_P и определится из выражения:

$$v_{\Pi} = \omega_P R_P, \quad (9)$$

где ω_P – угловая скорость вращения уборочного ротора, с⁻¹; R_P – радиус уборочного ротора, м.

Расстояние выкатывания плода из лунки s равно перемещению центра плода O за точку контакта K и определяется из прямоугольного треугольника OKL , гипотенуза OK которого равна радиусу плода r_n , а катет $OL = r_n - h_L$ по выражению:

$$s = KL = \sqrt{2r_n h_L - h_L^2}, \quad (10)$$

где h_L – глубина лунки под плодом, м.

Подставив выражение (9) и (10) в выражение (8), получим окончательное выражение для определения силы инерции $P_{и}$:

$$P_{и} = m \frac{\omega_p^2 R_p^2}{\sqrt{2r_n h_L - h_L^2}}. \quad (11)$$

Со стороны почвы на плод действуют элементарные реакции R_N и $R\tau$, возникающие в точке A пятна контакта плода с почвой. В каждой точке одна из элементарных реакций R_N направлена в сторону центра плода O , а другая $R\tau$ – по касательной к поверхности плода. Равнодействующая этих элементарных реакций определяет результирующую силу сопротивления почвы $R_{СП}$, точка A приложения которой по вертикали расположена на дуге СК на глубине h_K , равной половине глубины лунки h_L , и определяется по выражению:

$$b = r_n - \frac{h_L}{2}. \quad (12)$$

В горизонтальном направлении точка A смещена на величину a относительно линии действия силы тяжести G , проходящей через центр вращения плода O . Величина горизонтального смещения a определяется из прямоугольного треугольника OAD , гипотенуза OA которого равна радиусу плода r_n , а катет OD равен b – вертикальной координате точки A , определяемой по выражению (12):

$$a = \sqrt{r_n h_L - \frac{h_L^2}{4}}, \quad (13)$$

Разложив результирующую силу сопротивления почвы $R_{СП}$ по осям X и Y , получим вертикальную R_y реакцию почвы, приводящую к уплотнению почвы и образованию колеи, и горизонтальную R_x реакцию почвы, оказывающую сопротивление качению.

Примем, что плод создает равномерное давление в точке A , тогда величина вертикальной реакции почвы R_y с учетом несущей способности почвы определится по выражению:

$$R_y = q_n b_L h_L, \quad (14)$$

где q_n – несущая способность почвы, Н/м²; b_L – ширина лунки под плодом, м.

Несущая способность почвы определяет зависимость между вертикальной деформацией почвы и давлением, вызывающим эту деформацию, и описывается эмпирическим выражением:

$$q_n = K_{см} h_L^n, \quad (15)$$

где $K_{см}$ — коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³; n — параметр, характеризующий свойства почвы.

При показателе параметра $n = 1$ зависимость между несущей способностью почвы q_n и глубиной лунки h_L будет представлена в виде линейной связи и выражение (14) примет вид:

$$R_y = K_{см} b_L h_L^2. \quad (16)$$

В. П. Горячкин считал, что между реакцией почвы на каток и ее деформацией существует прямая зависимость, поэтому выражение по определению глубины уплотнения почвы катком можно использовать для нахождения глубины лунки под плодом $h_{\text{л}}$:

$$h_{\text{л}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{m^2 g^2}{2 K_{\text{см}}^2 b_{\text{л}}^2 r_{\text{п}}}}. \quad (17)$$

Так как плод имеет шарообразную форму, то ширина лунки под плодом $b_{\text{л}}$ на уровне горизонтальной поверхности поля соответствует хорде MK и равна двум расстояниям S , которое определяется выражением (10):

$$b_{\text{л}} = MK = 2S = 2\sqrt{2r_{\text{п}}h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}. \quad (18)$$

Подставив выражение (18) определения ширины лунки под плодом в выражение (16), получим вертикальную реакцию почвы R_y :

$$R_y = 2K_{\text{см}} h_{\text{л}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}}h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2} \quad (19)$$

Величина горизонтальной реакции R_x силы сопротивления качению плода по поверхности поля определяется в зависимости от массы плодов и состояния верхнего слоя почвы по выражению:

$$R_x = mgf_k, \quad (20)$$

где f_k - коэффициент сопротивления качению.

Наиболее часто для расчета коэффициента сопротивления качению используют зависимость, которую эмпирически обосновал В. Грандвуане, а теоретически вывел В. П. Горячкин:

$$f_k = 0,86 \sqrt[3]{\frac{mg}{4K_{\text{см}} b_{\text{л}} r_{\text{п}}^2}}. \quad (21)$$

С учетом выражений (18) и (21) выражение (20) для определения горизонтальной реакции R_x силы сопротивления качению плода примет вид:

$$P_x = 0,86 \sqrt[3]{\frac{m^4 g^4}{8K_{\text{см}}^2 r_{\text{п}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}}h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}}. \quad (22)$$

Составим уравнения равновесия сил и моментов относительно центра плода O :

$$\begin{aligned} \Sigma X &= 0; & P_T^x + F_{\text{тл}}^x - P_{\text{и}} - R_x &= 0 \\ \Sigma Y &= 0; & P_T^y + R_y - G - F_{\text{тл}}^y &= 0 \\ \Sigma M &= 0; & R_x \cdot b + P_T^y \cdot c - F_{\text{тл}}^y \cdot c - F_{\text{тл}}^x \cdot l - P_T^x \cdot l - R_y \cdot a - M_{\text{и}} &= 0 \end{aligned} \quad (23)$$

Выразив из первого уравнения данной системы P_T^x и подставив его в выражение (3), получим следующее равенство:

$$P_{\text{и}} + R_x - F_{\text{тл}}^x = P_T \cos(\alpha - \varphi_{\text{л}}), \quad (24)$$

из которого получим выражение, определяющее толкающую силу P_T :

$$P_T = \frac{P_{\text{и}} + R_x - F_{\text{тл}}^x}{\cos(\alpha - \varphi_{\text{л}})}. \quad (25)$$

Учитывая, что сила инерции $P_{\text{и}}$ определяется по выражению (11), горизонтальная реакция почвы R_x по выражению (22), а горизонтальная составляющая силы трения плода о лопасть $F_{\text{тл}}^x$ по выражению (6), получим:

$$P_T = \frac{m \frac{\omega_p^2 R_p^2}{\sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}} + 0,86 \sqrt[3]{\frac{m^4 g^4}{8K_{см} r_{п}^2 \sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}}} - mg \tan \varphi_{л} \sin \alpha}{\cos(\alpha - \varphi_{л})}. \quad (26)$$

После преобразования данного выражения получим условие перемещения плодов по поверхности поля под действием толкающей силы P_T :

$$P_T = \frac{mg \left(\frac{\omega_p^2 R_p^2}{g \sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}} + 0,86 \sqrt[3]{\frac{mg}{8K_{см} r_{п}^2 \sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}}} - \tan \varphi_{л} \sin \alpha \right)}{\cos(\alpha - \varphi_{л})}. \quad (27)$$

При этом величина толкающей силы P_T ограничена прочностными свойствами плодов и не должна приводить к его повреждению [1, 2, 6]:

$$P_T \leq P_{дп}, \quad (28)$$

где $P_{дп}$ – допустимое динамическое воздействие на плод, определяемое экспериментально, Н.

Следовательно:

$$P_T = \frac{mg \left(\frac{\omega_p^2 R_p^2}{g \sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}} + 0,86 \sqrt[3]{\frac{mg}{8K_{см} r_{п}^2 \sqrt{2r_{п} h_{л} - h_{л}^2}}} - \tan \varphi_{л} \sin \alpha \right)}{\cos(\alpha - \varphi_{л})} \leq P_{дп}. \quad (29)$$

Горизонтальная реакция почвы R_x совместно с горизонтальной составляющей толкающей силы P_T^x на плече b образует движущий момент M_d , который стремится вращать плод, а момент M_c от действия силы тяжести G и вертикальной реакции R_y на плече a оказывает сопротивление качению плода. Вместе с ним на сопротивление качению оказывает влияние и момент M_f от действия силы трения $F_{тл}$, возникающей в точке контакта лопасти ротора и плода B и момент инерции плода M_H [3].

Для получения качественной продукции бахчевых культур необходимо, чтобы плоды при уборке получали минимальное повреждение от лопастей уборочного ротора [4, 11], что обеспечивается перекачиванием плода, находящегося в плодоприемной ячее уборочного ротора, при его движении по полю к центру платформы, следовательно, условие выполнения этого процесса имеет вид:

$$M_d > M_c + M_f + M_H. \quad (30)$$

Движущий момент M_d действует по часовой стрелке (рисунок 1), поэтому из выражения уравнения моментов системы (23) получим:

$$M_d = R_x \cdot b + P_T^y \cdot c, \quad (31)$$

где b и c – плечи действия сил соответственно P_x и P_T^y , м.

Вертикальную составляющую толкающей силы P_T^y выразим из второго уравнения равновесия сил (23):

$$P_T^y = G + F_{тл}^y - R_y. \quad (32)$$

Заменив в этом выражении вертикальную составляющую силы трения плода о лопасть $F_{тл}^y$ выражением (7), а вертикальную реакцию почвы R_y выражением (19) и выполнив преобразования, получим:

$$P_T^y = mg \left(1 + \tan \varphi_{\text{л}} \cos \alpha - \frac{2K_{\text{см}} h_{\text{л}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}{mg} \right). \quad (33)$$

Подставив выражение (22) и (33) в выражение (31) определения движущего момента M_D и учитывая, что плечи действия этих сил b и c определяются по выражениям (12) и (1), получим:

$$M_D = mg \left[0,86 \left(r_{\text{п}} - \frac{h_{\text{л}}}{2} \right) \sqrt[3]{\frac{mg}{8K_{\text{см}} r_{\text{п}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}} + \right. \\ \left. + r_{\text{п}} \cos \alpha \left(1 + \tan \varphi_{\text{л}} \cos \alpha - \frac{2K_{\text{см}} h_{\text{л}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}{mg} \right) \right]. \quad (34)$$

Момент сопротивления качению M_C определяется по выражению:

$$M_C = P_T^x \cdot l + R_y \cdot a, \quad (35)$$

где l и a – плечи действия сил соответственно P_T^x и P_y , м.

Горизонтальная составляющая толкающей силы P_T^x определяется по выражению (3), которое с учетом выражения (27) примет вид:

$$P_T^x = mg \left(\frac{\omega_{\text{п}}^2 R_{\text{п}}^2}{g \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}} + 0,86 \sqrt[3]{\frac{mg}{8K_{\text{см}} r_{\text{п}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}} - \tan \varphi_{\text{л}} \sin \alpha \right) \quad (36)$$

Подставив выражение (19) и (36) в выражение (35) определения момента сопротивления M_C и учитывая, что плечи действия этих сил l и a определяются по выражениям (2) и (13), получим:

$$M_C = mgr_{\text{п}} \sin \alpha \left(\frac{\omega_{\text{п}}^2 R_{\text{п}}^2}{g \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}} + 0,86 \sqrt[3]{\frac{mg}{8K_{\text{см}} r_{\text{п}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2}}} - \tan \varphi_{\text{л}} \sin \alpha \right) + \\ + 2K_{\text{см}} h_{\text{л}}^2 \sqrt{2r_{\text{п}} h_{\text{л}} - h_{\text{л}}^2} \sqrt{r_{\text{п}} h_{\text{л}} - \frac{h_{\text{л}}^2}{4}}. \quad (37)$$

Момент M_F от действия силы трения $F_{\text{ТЛ}}$, возникающей в точке контакта лопасти ротора и поверхности плода B , определяется на плече, равном радиусу плода r_n с учетом выражения (5):

$$M_F = mgr_{\text{п}} \tan \varphi_{\text{л}} \quad (38)$$

Момент силы инерции плода $M_{\text{и}}$ определяется как произведение момента инерции плода $J_{\text{п}}$ на его угловое ускорение ε :

$$M_{\text{и}} = J_{\text{п}} \varepsilon, \quad (39)$$

где $J_{\text{п}}$ – момент инерции плода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ε – угловое ускорение плода, с^{-2} .

Учитывая допущение, что плод имеет шарообразную форму радиусом $r_{\text{п}}$, момент инерции плода будет равен:

$$J_{\text{п}} = \frac{2}{5} m r_{\text{п}}^2. \quad (40)$$

Примем допущение, что плод под действием лопасти уборочного ротора совершает равномерное вращательное движение по поверхности поля, тогда его угловое ускорение ε будет равно:

$$\varepsilon = \frac{\omega_{\text{п}}}{t}, \quad (41)$$

где t – время выкатывания плода из лунки, с.

В свою очередь время t определяется как отношение пути S , которое пройдет плод при выкатывании из лунки к его скорости V_{Π} . С учетом того, что расстояние S определяется по выражению (10), а скорость плода V_{Π} - выражением (9), получим:

$$t = \frac{\sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}{\omega_{\Pi} R_{\Pi}} \quad (42)$$

В связи с тем, что линейные скорости плода и лопасти уборочного ротора равны $V_{\Pi} = V_P$, то угловая скорость качения плода ω_{Π} определится по выражению:

$$\omega_{\Pi} = \frac{\omega_P R_P}{r_{\Pi}}. \quad (43)$$

Заменив в выражении (41) угловую скорость плода ω_{Π} выражением (43), а время t выражением (42) и выполнив преобразования, получим:

$$\varepsilon = \frac{\omega_P^2 R_P^2}{r_{\Pi} \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}. \quad (44)$$

Подставив выражение (40) и (44) в выражение (39) определения момента силы инерции M_{Π} , а также выполнив преобразования, получим:

$$M_{\Pi} = \frac{2 m r_{\Pi} \omega_P^2 R_P^2}{5 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}. \quad (45)$$

Заменив в выражении (30) движущий момент M_D выражением (34), момент сопротивления M_C – выражением (37), момент силы трения M_F – выражением (38) и момент силы инерции M_{Π} – выражением (45), получим условие перекачивания плода, находящегося в плодоприемной ячее уборочного ротора, при его движении по полю к центру платформы в следующем виде:

$$\begin{aligned} & mg \left[0,86 \left(r_{\Pi} - \frac{h_{\Pi}}{2} \right)^3 \sqrt{\frac{mg}{8K_{\text{см}} r_{\Pi}^2 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}} + \left(1 + \tan \varphi_{\Pi} \cos \alpha - \frac{2K_{\text{см}} h_{\Pi}^2 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}{mg} \right) \right] > \\ & > mgr_{\Pi} \sin \alpha \left(\frac{\omega_P^2 R_P^2}{g \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}} + 0,86^3 \sqrt{\frac{mg}{8K_{\text{см}} r_{\Pi}^2 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}} - \tan \varphi_{\Pi} \sin \alpha \right) + \\ & + 2K_{\text{см}} h_{\Pi}^2 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2} \sqrt{r_{\Pi}h_{\Pi} - \frac{h_{\Pi}^2}{4}} + mgr_{\Pi} \tan \varphi_{\Pi} + \frac{2 m r_{\Pi} \omega_P^2 R_P^2}{5 \sqrt{2r_{\Pi}h_{\Pi}-h_{\Pi}^2}}. \end{aligned} \quad (46)$$

Выводы. В результате теоретического обоснования взаимодействия плодов бахчевых культур с лопастью уборочного ротора было получено условие перемещения плодов по поверхности поля под действием толкающей силы, которая не должна превышать допустимого динамического воздействия на плод. Величина данной силы зависит в первую очередь от массы плодов и технологических свойств почвы, а также от конструктивных и кинематических параметров уборочного ротора. Установлено, что минимальное повреждение плодов от лопастей уборочного ротора обеспечивается перекачиванием плода, находящегося в плодоприемной ячее уборочного ротора, при его движении по полю к центру платформы.

Библиографический список

1. Алгоритм сохранения качества плодовоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. В. Колупаев, К. А. Жуков // Техника и оборудование для села. 2013. № 12. С. 12-15.
2. Аналитическое определение технологических параметров разработанного комбайна для уборки бахчевых / А. Н. Цепляев, В. А. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 321-327.

3. Исследование процесса взаимодействия ведущих колес трактора с грунтовой поверхностью / В. В. Гуськов [и др.] // Наука и техника. 2017. Т. 16. № 1. С. 83-88.
4. Определение оптимального соотношения скоростей рабочих элементов машин при уборке арбузов и капусты / А. Н. Цепляев, М. В. Ульянов, А. В. Цепляев, С. А. Климов, В. А. Цепляев // Аграрный научный журнал. 2019. № 5. С. 89-94.
5. Теоретические исследования по изучению перекачивания сферических и тороидальных тел на примере плодов бахчевых культур / А. Н. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов, А. В. Цепляев // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 62-65.
6. Успенский И. А., Юхин И. А., Жуков К. А. Пути снижения травмируемости плодово-овощной продукции при внутрихозяйственных перевозках // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2014. № 96 (02). <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
7. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Анализ технологий и способов уборки бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 363-374.
8. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Роторная машина для уборки бахчевых культур // Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 8-9.
9. Шапров М. Н., Седов А. В. Обоснование конструкции роторного подборщика для уборки плодов бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 214-217.
10. The choice of technology of agricultural crops cultivation on the basis of the manual labor costs indicator optimization (for the example of vegetable and melon crops cultivation) / A. S. Ovchinnikov, A. N. Tseplyaev, M. N. Shaprov, M. V. Ul'yanov, S. S. Poltorynkin, A. V. Sedov, V. A. Tseplyaev, V. M. Slavutsky, V. E. Berdyshev, V. S. Bocharnikov, I. B. Borisenko, S. M. Grigorov, S. D. Fomin, V. I. Ol'garenko // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. № 14 (22). P. 33897-3905.
11. 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. Koko-rev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, A. A. Simdyankin, I. A. Uspensky, A. I. Ryadnov, R. A. Kosul'nikov, A. V. Shemyakin, I. A. Yukhin, I. K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13 (10). P. 3502-3508.
12. Xing X., Liu F., Gao J. Design and implementation of watermelon traceable identification algorithm based on biometric texture information // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2017. № 33. P. 298-305.

Conclusions. As a result of the theoretical justification of the interaction of melon fruits with the blade of the harvesting rotor, a condition was obtained for the movement of fruits on the field surface under the action of a pushing force, which should not exceed the permissible dynamic effect on the fruit. The value of this force depends primarily on the weight of the fruit and the technological properties of the soil, as well as on the design and kinematic parameters of the harvesting rotor. It is established that the minimum damage to the fruit from the blades of the harvesting rotor is provided by rolling the fruit, located in the fruit-receiving cell of the harvesting rotor, when it moves across the field to the center of the platform.

Reference

1. Algorithm for preserving the quality of fruit and vegetable products during harvesting and transport works / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, S. V. Kolupaev, K. A. Zhukov // Technique and equipment for the village. 2013. No. 12. P. 12-15.
2. Analytical determination of technological parameters of a developed combine for harvesting melons / A. N. Tseplyaev, V. A. Tseplyaev, M. V. Ulyanov, S. V. Klimov // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2019. No. 1 (53). P. 321-327.

3. Investigation of the process of interaction of tractor driving wheels with the ground surface / V. V. Guskov [et al.] // *Nauka i tekhnika*. 2017. Vol. 16. No. 1. Pp. 83-88.
4. Determination of the optimal ratio of the speeds of working elements of machines when harvesting watermelons and cabbage / A. N. Tseplyaev, M. V. Ulyanov, a. V. Tseplyaev, S. A. Klimov, V. A. Tseplyaev // *Agrarian Scientific Journal*. 2019. No. 5. Pp. 89-94.
5. Theoretical studies on the study of rolling of spherical and toroidal bodies on the example of melon fruits / A. N. Tseplyaev, M. V. Ulyanov, S. V. Klimov, A. V. Tseplyaev // *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2019. No. 1 (29). Pp. 62-65.
6. Uspensky I. A., Yukhin I. A., Zhukov K. A. Ways to reduce the injury rate of fruit and vegetable products in on-farm transport // *Polythematic network electronic scientific journal of Kuban state agrarian University (Scientific journal of Kubgau)*. 2014. № 96 (02). <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
7. Shaprov M. N., Sedov A. V., Gurba A. V. Analysis of technologies and methods of harvesting melons // *Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education*. 2020. No. 2 (58). Pp. 363-374.
8. Shaprov M. N., Sedov A. V., Gurba A. V. Rotary machine for harvesting melons // *Rural mechanizer*. 2019. № 7. Pp. 8-9.
9. Shaprov M. N., Sedov A. V. Substantiation of the design of a rotary picker for harvesting melon fruits // *Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education*. 2013. No. 4 (32). P. 214-217.
10. The choice of technology of agricultural crops cultivation on the basis of the manual labor costs indicator optimization (for the example of vegetable and melon crops cultivation) / A. S. Ovchinnikov, A. N. Tseplyaev, M. N. Shaprov, M. V. Ul'yanov, S. S. Poltorynkin, A. V. Sedov, V. A. Tseplyaev, V. M. Slavutsky, V. E. Berdyshev, V. S. Bocharnikov, I. B. Borisenko, S. M. Grigorov, S. D. Fomin, V. I. Ol'garenko // *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. № 14 (22). P. 33897-3905.
11. 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. I. Ryadnov, R. A. Kosul'nikov, A. V. Shemyakin, I. A. Yukhin, I. K. Danilov // *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. № 13 (10). P. 3502-3508.
12. Xing X., Liu F., Gao J. Design and implementation of watermelon traceable identification algorithm based on biometric texture information // *Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2017. № 33. P. 298-305.

Authors Information

Shaprov Mikhail Nikolaevich, Professor of the Department "life Safety" of the Volgograd state agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), doctor of technical Sciences, Professor, ORCID: 0000-0002-9929-5042. E-mail: m.shaprov@yandex.ru.

Sedov Alexey Vasilyevich, associate Professor of the Department "Technical systems in the agro-industrial complex", Volgograd state agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of technical Sciences, associate Professor, ORCID: 0000-0002-3896-5129. E-mail: sedov7020@yandex.ru.

Sedova Olga Petrovna, associate Professor of the Department "Processing Technologies and Food Safety", Volgograd state agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of agricultural Sciences, ORCID: 0000-0001-9936-8558. E-mail: o.p.sedova@yandex.ru

Gurba Alexey Valerievich, research teacher, Volgograd state agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26), ORCID: 0000-0002-0557-9950. E-mail: algurru@mail.ru.

Информация об авторах

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0002-9929-5042. E-mail: m.shaprov@yandex.ru.

Седов Алексей Васильевич, доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-3896-5129. E-mail: sedov7020@yandex.ru.

Седова Ольга Петровна, доцент кафедры «Перерабатывающие технологии и продовольственная безопасность» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-9936-8558. E-mail: o.p.sedova@yandex.ru.

Гурба Алексей Валерьевич, преподаватель-исследователь ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), ORCID: 0000-0002-0557-9950. E-mail: algurru@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-45

RESEARCH COMPLEX FOR STUDYING THE INFLUENCE OF HIGH-VOLTAGE OF ELECTRIC IMPULSE EFFECTS ON LARVAE OF LOCUST INSECTS

I.V. Yudaev¹, V.A. Eviev², B.I. Belyaeva², R.G. Kokurin³

¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«St. Petersburg State Agrarian University»

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kalmyk State University named after B. Gorodovikov»

³ Azov-Black Sea Engineering Institute – the branch of Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Don State Agrarian University» in Zernograd

Received 05.03.2021

Submitted 11.05.2021

Abstract

Introduction. For centuries, locust insects have been causing harm to the crop sector of agriculture, which is estimated as significant in more than 60 countries of the world. Today, when the problem of providing food to the world's population is more acute than ever, it is necessary not only to improve the culture of agriculture, to develop environmentally friendly technologies for the production of high-quality products, but it is also necessary to look for new approaches in the fight against harmful insects and diseases that would be environmentally safe and did not contain harmful components in the products. Therefore, in our opinion, the most interesting from the point of view of high technological efficiency, environmental and food safety is the option of locust destruction using high voltage of electrical impulses. The use of electric impulse technologies can be implemented as an effective agricultural technique for combating larvae (egg capsules) of locust insects. **Object.** The object of the research is designed impulse voltage generator, which is the main element of experimental research complex for studying the effect of high-voltage of electrical impulses on locust larva located in the soil layer. **Materials and methods.** To study the effect of high voltage electrical impulses on the egg-pods, it is necessary to conduct series of experimental studies in laboratory to determine the parameters of such an effect and identify processing modes. The main unit of the research facility is impulse voltage generator. Its work determines the effectiveness of the impact, the possibility of stable work, the formation of safety requirements and the features of its operation. **Results and conclusion.** The designed and manufactured impulse voltage generator has been tested and verified in operation, showing high stability under laboratory conditions as part of experimental research complex. The research setup allows, depending on the value of the processing voltage and the capacitance of the output stage capacitor: 1) to set the impulse repetition rate, the upper limit of the values of which depends on the previously entered data, and the lower one is 1 Hz; 2) to set counter for the number of impulses, which executing preset algorithm controls their generation; 3) to generate high-voltage impulses with amplitude of 16 kV with exponential cut and of various duration. The research complex, assembled on the basis of impulse voltage generator, allows not only the processing of soil samples under laboratory conditions, but also makes it possible to process the experimental results in the function of continuous scanning using computer, making adjustments to the processing and evaluating the obtained results.

Key words: *larvae (egg capsules) of locust insects; high voltage of electrical impulses; pulse voltage generator; design and testing; research experimental set-up.*

Citation. Yudaev I.V., Eviev V.A., Belyaeva B.I., Kokurin R.G. Research complex for studying the influence of high-voltage of electric impulse effects on larvae of locust insects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 454-467 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-45.

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 362.727

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛИЧИНКИ САРАНЧОВЫХ НАСЕКОМЫХ

И. В. Юдаев¹, доктор технических наук, профессор
В. А. Эвиев², доктор технических наук, профессор
Б. И. Беяева², кандидат педагогических наук, доцент
Р. Г. Кокурин³, аспирант

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

²ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Городовикова»

³Азово-Черноморский инженерный институт –

филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград

Дата поступления в редакцию 05.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. Саранчовые насекомые уже не одно столетие наносят вред растениеводческой отрасли сельского хозяйства, который оценивается как существенный на территории более чем 60 стран мира. Сегодня, когда проблема с обеспечением продуктами питания населения Земли стоит как никогда остро, необходимо не только повышать культуру земледелия, развивать экологически безопасные технологии производства качественной продукции, но и искать новые подходы в борьбе с вредными насекомыми и болезнями, которые были бы экологически безопасными и не содержали вредных компонентов в продуктах. Поэтому, на наш взгляд, наиболее интересным с точки зрения высокой технологической эффективности, экологической и пищевой безопасности является вариант уничтожения саранчи при помощи электрических импульсов высокого напряжения. Применение электроимпульсных технологий может быть реализовано как эффективный агроприем для борьбы с личинками (кубышками) саранчи. **Объект.** Объектом исследования является спроектированный генератор импульсного напряжения, который является основным элементом экспериментального исследовательского комплекса для изучения влияния электроимпульсных высоковольтных воздействий на личинки саранчи, находящиеся в почвенном слое. **Материалы и методы.** Для изучения влияния воздействия на кубышки электрических импульсов высокого напряжения необходимо провести серию экспериментальных исследований в условиях лаборатории для выяснения параметров такого воздействия и выявления режимов обработки. Основным блоком установки для проведения исследований является генератор импульсного напряжения. Его работа определяет эффективность воздействия, возможность устойчивой работы, формирование требований безопасности и особенностей его эксплуатации. **Результаты и выводы.** Спроектированный и изготовленный генератор импульсного напряжения испытан и проверен в работе, показал в лабораторных условиях высокую стабильность в составе экспериментального исследовательского комплекса. Исследовательская установка позволяет в зависимости от значения напряжения обработки и емкости конденсатора выходного каскада: 1) задавать частоту следования импульсов, верхняя граница значений которых зависит от предварительно введенных данных, а нижняя – 1 Гц; 2) устанавливать счётчик количества импульсов, который при отработке предварительно заданного алгоритма управляет их генерированием; 3) генерировать высоковольтные импульсы с амплитудой 16 кВ с экспоненциальным срезом и различной длительности. Исследовательский комплекс, собранный на основе генератора импульсного напряжения, позволяет в лабораторных условиях не только осуществлять обработку почвенных образцов, но и дает возможность в функции непрерывного сканирования с помощью компьютера обрабатывать результаты экспериментов, внося коррективы в обработку и оценивая получаемые результаты.

Ключевые слова: личинки саранчовых насекомых, электрические импульсы высоко-го напряжения, генераторы импульсного напряжения, электроимпульсные технологии.

Цитирование. Юдаев И. В., Эвиев В. А., Беляева Б. И., Кокурин Р. Г. Исследовательский комплекс для изучения влияния высоковольтных электроимпульсных воздействий на личинки саранчовых насекомых. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62) 454-467. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-45.

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. При выращивании продукции сельского хозяйства и ее последующей переработке на предприятиях и комплексах интенсивно и с высокими показателями эффективности применяют разнообразные электротехнологические операции, реализуемые при помощи специально изготовленных установок. Из большого разнообразия реализации электрофизических воздействий на объекты растительного происхождения, электроимпульсное подведение электрической энергии к последним считается не только безопасным с точки зрения пищевых и экологических аспектов, но и осуществляемым с высокими показателями технологической эффективности и минимальными затратами энергии на операцию или процесс [2, 6, 10, 11, 13].

Отдельные варианты электроимпульсных технологий при обработке направлены на достижение летальных исходов, как в случае уничтожения летающих насекомых, или организации необратимого повреждения внутриклеточных структур растительных объектов, как в случае борьбы с сорняками, прореживания посевов и посадок, электроплазмоллиза растительного сырья, предуборочной подработки возделываемых растений и т.п. [5, 10, 12, 14].

На возможность использования электрических воздействий летальных доз для борьбы с вредителями, вредными насекомыми и болезнями, распространяемыми в почве под посевами и посадками сельскохозяйственных культур, обратили внимание еще в XVIII веке. Сегодня эти исследования как никогда актуальны, и они продолжают в лабораториях и научных центрах, позволяя получать новые сведения о механизмах необратимого повреждения биологических тканей насекомых, разрабатывать новые технические средства, совершенствовать применяемые электротехнологии, снижая затраты совокупной энергии и не нанося урона окружающей среде.

Одной из первых конструкций для реализации варианта уничтожения при помощи электричества насекомых и их личинок, обитающих в поверхностном слое почвы, можно считать описанный в 1903 году «электрический снаряд для массового истребления вредных для сельского хозяйства насекомых» системы русского инженера-электротехника З. Локуцевского.

Более подробно решением этой проблемы с обоснованием и экспериментальной проверкой как в лабораторных, так и полевых условиях занимались с 1936 по 1939 годы ученые Всесоюзного НИИ лесного хозяйства (А. В. Луговой, С. Я. Турлыгин, Д. С. Беклемишев). Эта группа исследователей установила, что для борьбы с такими насекомыми, как личинки майского жука (хруща), наиболее эффективно использовать «импульсную форму приложения энергии» характеризующуюся следующими параметрами: амплитуда импульса напряжения – 4,0-9,0 кВ; градиент электрического поля – 0,3-2,5 кВ/см; количество воздействующих импульсов – 1-10 шт.; постоянная времени разряда – $1,0 \cdot 10^{-2}$ сек; емкость разрядного контура – до $12,0 \cdot 10^{-6}$ Ф.

В 1954-1956 годах сотрудники Института биологической физики АН СССР (А. А. Передельский, Л. С. Осипова, В. Н. Ефимов) изучали применение импульсов высокого напряжения для борьбы со свекловичным долгоносиком и экспериментально выявили следующие эффективные режимы его необратимого травмирования, приводящего к летальному исходу: градиент электрического поля – 1,0-3,5 кВ/см; количество воздействующих импульсов – 1-12 шт.; постоянная времени разряда – $(0,2-1,0) \cdot 10^{-3}$ сек; емкость разрядного контура – $(0,13-1,39) \cdot 10^{-6}$ Ф; плотность повреждающего тока – 0,3-0,68 А/см².

В 1956-1958 годах сотрудниками Всесоюзного НИИ электрификации сельского хозяйства (М. Г. Евреинов, И. С. Смирнова, Л. С. Лурье, А. А. Тильвикас) был сконструирован и изготовлен пилотный образец мобильного генератора, который позволял осуществлять обработку почвы при борьбе с вредителями и обитающими в ней насекомыми и работал на следующих режимах: градиент электрического поля – 1,4-2,15 кВ/см; частота следования импульсов – 7-30 импульсов в секунду; постоянная времени разряда – $(0,01-0,14) \cdot 10^{-3}$ сек; емкость разрядного контура – $(0,32-1,54) \cdot 10^{-6}$ Ф.

В 70-х годах XX века в Тимирязевской сельскохозяйственной академии исследователем В. Т. Скларом изучалось влияние высоковольтных импульсных воздействий на хлебных жуликов, клопов-черепашек и слизней сетчатых голых, результатом которого стали выявленные режимы их электрического необратимого повреждения. Так, энергоёмкость летального импульса на один исследуемый объект составила: для хлебных жуликов – 1,4 Дж; для слизней – 1,2 Дж; для клопов-черепашек – 1,1 Дж. Для уничтожения галловой нематоды и гриба-возбудителя капустной килы удельный расход электрической энергии соответственно составил 24,7 и 27,8 кВт·ч/м³.

Отдельный вопрос, лежащий на поверхности, касается влияния электромагнитных воздействий на микроорганизмы [15], в том числе влияния воздействующих высоковольтных импульсов на почвенную биоту [9]. Проведенные полевые исследования [4] показали, что конкретные значения параметров импульсных воздействий и видовой состав почвенных микроорганизмов, на которые оказываются воздействия, приводят как к угнетению жизнедеятельности последних, так и к их стимуляции. Экспериментально было доказано, что характер и степень электрообработки находятся в прямой зависимости от количества влаги в почве. Низкая влажность почвы (10-12 %) способствует реализации эффекта стимуляции почвенной микрофлоры с четко проявляющимся эффектом последствия, при высоком насыщении почвы влагой (18 %) наблюдается растянутый по времени эффект угнетения. Воздействие электрических импульсов на почвенный объем позволяет увеличить, за счет эффекта последствия, подвижные соединения таких элементов, как калий и фосфор, на 1-2 мг/кг почвы, прибавив тем самым урожай культур, например, зерновых на 0,1-0,12 ц/га. Такая обработка приводит и к увеличению содержания гумуса в почве – 7-9 %, при его первоначальном содержании 2,65 %. Стимуляция жизнедеятельности почвенной микрофлоры наблюдалась на самых их неприхотливых представителях – олигонитрофильных бактериях, деятельность которых увеличивала усвояемые формы азота в почве. При этом обработку «не следует вести на «жестких» режимах, характеризующихся большой плотностью энергии» [4].

В настоящее время возникла острая необходимость поиска экологически чистых и малоэнергозатратных способов борьбы с наиболее вредоносным насекомым – саранчой, что продиктовано отсутствием действенных мероприятий и наличием у существующих способов негативного воздействия, прежде всего, из-за ядохимикатов на окружающую среду и биоту почвы.

Самыми вредоносными видами саранчи являются перелётные: мароккская и азиатская саранча, итальянский прус и сибирская кобылка. Специалисты продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) подсчитали, что «одна стая саранчи, насчитывающая до 80 млн особей, в день съедает столько же, сколько могут

съесть 35 тыс. человек. Эти стаи могут перемещаться со скоростью 15-20 км/ч до 20 ч, достигая размера облака – 10 км в ширину и до 200 км в длину». Экономическим порогом вредоносности по количеству личинок на квадратный метр считается для: итальянского пруса и мароккской саранчи – 2-5; перелетной азиатской саранчи – 1-2; по не стадным саранчовым (кобылкам) – 10-15, в то время как одна женская особь за свою жизнь откладывает в среднем до 1,5 тысяч личинок.

В качестве достаточно новых и пока еще редко используемых способов борьбы рассматриваются различные физические воздействия, летальные для насекомых – электрические, магнитные и электромагнитные поля; КВЧ и СВЧ-энергия; концентрированное излучение и т.п. Перспективным способом уничтожения саранчовых насекомых, на наш взгляд, следует считать применение высоковольтных импульсных воздействий летальной дозы, которое будет эффективным как при необратимом повреждении яйцекладки саранчи в почве, так и при уничтожении взрослых особей [1, 3].

Реализовать на практике процесс электроимпульсного воздействия на личинки, расположенные в почве, и на взрослых насекомых, перемещающихся по поверхности почвы, не представляется возможным без специально спроектированной электротехнологической установки, с помощью которой можно формировать и подводить к объектам обработки импульсы высокого напряжения требуемой энергии, амплитуды, длительности, необходимой формы и частоты их следования [7, 8, 16].

Целью представленного в статье научно-практического исследования является обоснование особенностей построения структурной и принципиальной схемы генератора импульсного напряжения, являющегося основным элементом экспериментального исследовательского комплекса для изучения влияния электроимпульсных высоковольтных воздействий на личинки саранчи, находящиеся в почвенном слое.

Материалы и методы. Для выявления технологически эффективных параметров и режимов электроимпульсной обработки личинок саранчи или так называемых кубышек, откладываемых в почве на небольшой глубине взрослыми самками, а также для изучения сущности механизма электроимпульсного необратимого повреждения этих кубышек необходимо провести лабораторные исследования и полевые опыты. Реализовать такие всесторонние исследования невозможно без использования специальных электротехнологических установок, основным структурным компонентом которых является блок формирования импульсов высокого напряжения, или генератор высоковольтных импульсов. Этот блок должен осуществлять настройку и регулировку параметров импульсов, формируемых на его выходе, с необходимой точностью; обеспечивать высокую надежность в работе; характеризоваться небольшой массой и габаритами; быть простым в сборке, наладке и эксплуатации; обладать высокой степенью электробезопасности при функционировании. Обратив внимание на все перечисленные выше требования, решили спроектировать и изготовить генератор импульсного напряжения с емкостным накопителем энергии в выходном (разрядном) каскаде, который позволял бы получать высоковольтные импульсы с крутым фронтом, экспоненциальным срезом и регулируемой амплитудой импульса.

Результаты и обсуждение. Разрабатываемый генератор является основным компонентом лабораторного исследовательского комплекса для изучения влияния электрических импульсов высокого напряжения на разнообразные объекты, в том числе на объекты растительного происхождения, почву, личинки вредных насекомых и т.п. Генератор импульсного напряжения состоит из основных структурных элементов: блока управления, блока коммутации, а также высоковольтного блока. В блоке управления смонтирован регулирующий элемент настройки – задатчик поджигающих импульсов,

или задатчик частоты следования воздействующих импульсов, который необходим для управления импульсным тиратроном, который смонтирован в блоке коммутатора. Рассмотрим принцип работы перечисленных блоков и их элементную базу (рисунок 1).

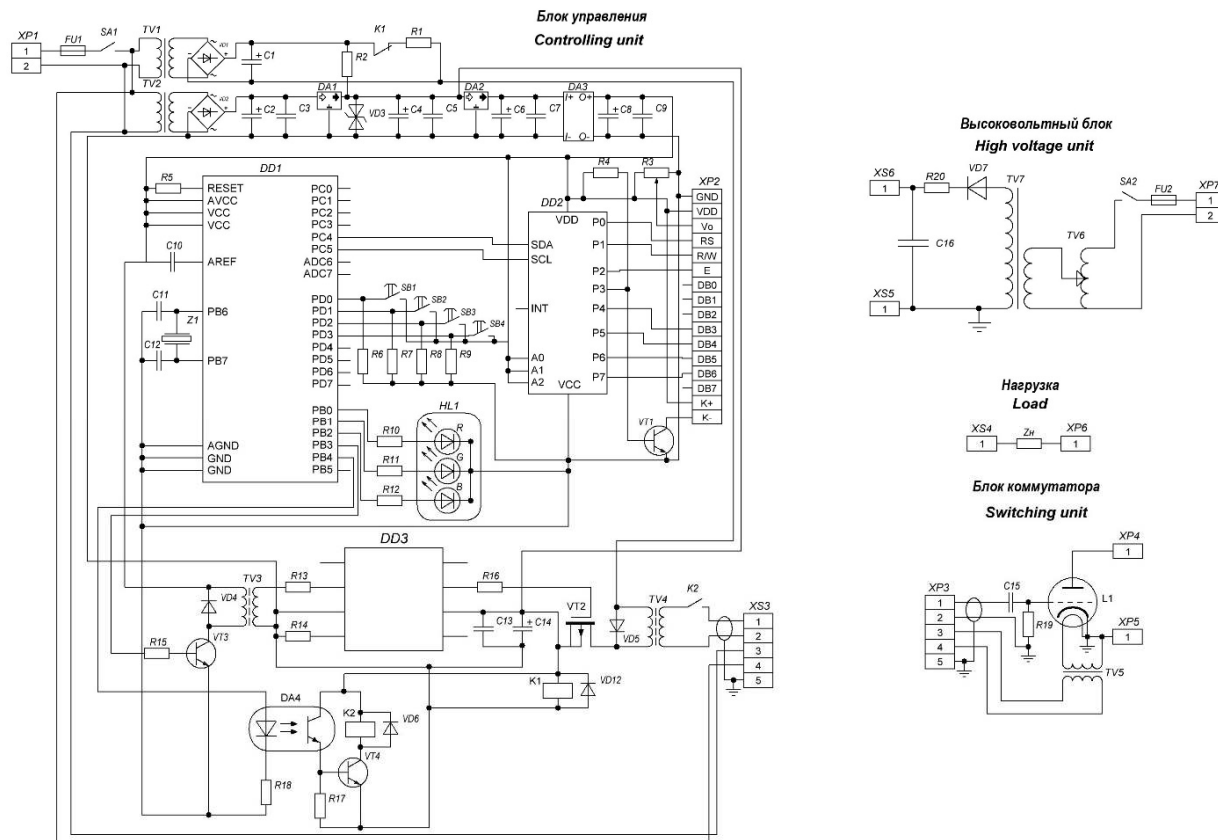


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема генератора импульсного напряжения:
C1 – 220 мкФ; C2, C4, C6, C8 – 1000 мкФ; C3, C5, C7, C9 – 330 нФ; C10 – 0.1 мкФ; C11, C12 – 15 пФ; C13 – 10 нФ; C14 – 10 мкФ; C15 – 2200 пФ; R1, R3, R17 – 10 кОм; R2 – 15 Ом; R4 – 4.7 кОм; R5, R13, R14, R15 – 1 кОм; R6, R7, R8, R9 – 100 кОм; R10, R11, R12, R18 – 2.7 кОм; R16 – 10 Ом; R19 – 5 кОм; VD1, VD2 – BD610; VD3 – 1.5KE15A; VD4, VD5, VD6 – HER308; DA1 – L7812ABV; DA2 – L7805ABV; DA3 – TMV 0505D; DA4 – EL817; DD1 – ATmega328; DD2 – PCF8574T; DD3 – IR4428; VT1, VT3 – BD139; VT2 – 2SJ585; TV1 – 220/140; TV2 – 220/12; TV3 – 1:1; TV4 – МИТ-4В; TV5 – ТН60-220-50; HL1 – BL-L515RGBW-CC; L1 – ТГИ2-400/16;

Figure 1 – Schematic diagram of impulse voltage generator: C1 – 220 μ F; C2, C4, C6, C8 – 1000 μ F; C3, C5, C7, C9 – 330 nF; C10 – 0.1 μ F; C11, C12 – 15 pF; C13 – 10 nF; C14 – 10 μ F; C15 – 2200 pF; R1, R3, R17 – 10 k Ω ; R2 – 15 Ω ; R4 – 4.7 k Ω ; R5, R13, R14, R15 – 1 k Ω ; R6, R7, R8, R9 – 100 k Ω ; R10, R11, R12, R18 – 2.7 k Ω ; R16 – 10 Ω ; R19 – 5 k Ω ; VD1, VD2 – BD610; VD3 – 1.5KE15A; VD4, VD5, VD6 – HER308; DA1 – L7812ABV; DA2 – L7805ABV; DA3 – TMV 0505D; DA4 – EL817; DD1 – ATmega328; DD2 – PCF8574T; DD3 – IR4428; VT1, VT3 – BD139; VT2 – 2SJ585; TV1 – 220/140; TV2 – 220/12; TV3 – 1:1; TV4 – МИТ-4В; TV5 – ТН60-220-50; HL1 – BL-L515RGBW-CC; L1 – ТГИ2-400/16;

I. Блок управления. Для электрического питания этого блока сетевое переменное напряжение 220 В подводится к выводам первичных обмоток понижающих трансформаторов TV1 (220/140) и TV2 (220/12), в цепи которых размещен защитный предохранитель FU1. Со вторичных обмоток этих же трансформаторов напряжение снимается уже с уровнем в 140 и 12 В и подается на выпрямительные диодные мосты VD1 и VD2, укомплекто-

ванные сглаживающими конденсаторами C1-C3. Резистор R1 обеспечивает разряд конденсатора C1, в том случае если блок управления генератора импульсного напряжения отключен от сети. При подключении блока управления к сети на обмотку реле K1 подается напряжение 12 В, и его контакт, размыкаясь, отключает резистор R1, прекращая тем самым замыкать конденсатор C1. Большая часть схемы запитывается стабилизированным напряжением 12 В, для чего используется линейный стабилизатор DA1 (L7812ABV). Гальваническая развязка организуется микросхемой DA3 (TMV0505D), которая в свою очередь запитывается стабилизированным напряжением 5 В от микросхемы DA2 (L7805ABV). Микроконтроллер DD1 (ATmega 328), размещенный в гальванически развязанной части схемы, отвечает за генерирование высоковольтных импульсов и контролирует состояние лампы L1 (импульсный тиратрон ТГИ2-400/16). Параметры эффективной электроимпульсной обработки задаются с использованием кнопочных элементов SB1-SB4.

Применение трехцветного светоизлучающего диода HL1 (BL-L515RGBW-CC) позволяет визуально контролировать реальное текущее состояние генератора импульсного напряжения. Синий цвет светодиода HL1 характеризует степень нагрева катода, который готов к работе по истечении 15 минут, в соответствии с паспортными данными, и именно эта продолжительность по времени определяет невозможность сразу же после подключения генератора к сети начать генерацию импульсов. Зеленый цвет светодиода HL1 свидетельствует о готовности генератора импульсного напряжения к работе – сама лампа L1 уже нагрелась и можно запускать генератор. Красный цвет светодиода HL1 констатирует рабочий режим генератора, и на лампу L1 (импульсный тиратрон) организуется поступление управляющих или поджигающих импульсов, которые задают последовательность формирования воздействующих высоковольтных импульсов. Для более явной, с точки зрения контроля, визуализации в разрабатываемой схеме было решено использовать LCD дисплей с наличием 16 символов в каждой из двух строк. Транзистор VT1, управляемый микроконтроллером, задает яркость подсветки LCD дисплея.

Поджигающие или управляющие импульсы, длительностью 4 мкс, формируются микроконтроллером DD1 на своем выводе PB3, в то время как его же вывод PB4 отвечает за подключение сетки импульсного тиратрона L1 к цепи формирования поджигающих импульсов. Перед тем как начать генерировать импульсы с микроконтроллера DD1, подается сигнал на оптопару DA4 (EL817) – открывается транзистор VT4 и ток протекает через обмотку реле K2. После этого разомкнутый в нормальном состоянии контакт реле K2 замыкается и подключает сетку импульсного тиратрона L1 к цепи генерации управляющих импульсов. Формируется последовательность управляющих импульсов, которые подаются на транзистор VT3 и через разделительный трансформатор TV3 (1:1) поступают на микросхему DD3 (IR4428), управляющую полевым транзистором VT2. Транзистор VT2, в свою очередь, увеличивает амплитуду этих импульсов до 200 В, которые через разделительный трансформатор TV4 поступают в блок коммутатора на сетку импульсного тиратрона L1.

II. Блок коммутатора. Напряжение 220 В из сети переменного тока подводится к первичной обмотке понижающего трансформатора TV5 (220/6,3), со вторичной обмотки которого напряжение 6,3 В подается уже на накал импульсного тиратрона L1. Для предотвращения ложного срабатывания, которое характеризуется открытием лампы L1, то есть до того момента времени, когда управляющие импульсы еще не поступают, сетка лампы электрически соединена с общей для всей схемы клеммой «земля» через резистор R19, в результате чего отключена от цепи формирования поджигающих импульсов в блоке управления. Для недопущения подачи на сетку импульсного тиратрона L1 постоянного напряжения, которое бы не давало ей закрыться, было предложено смонтировать в схеме

конденсатор С15. В тот момент времени, когда уже организована подача управляющих импульсов от блока управления, последние попадают через конденсатор С15 на сетку лампы L1 и открывают тем самым импульсный тиратрон. После этого электрическая емкость выходного каскада С16 разряжается на нагрузку R_n , в которой преобладает активный характер, формируя тем самым высоковольтный импульс с крутым фронтом и экспоненциальным спадом (рисунок 2). Следует учитывать тот факт, что импульсный тиратрон L1 может быть закрыт только при наличии на аноде напряжения не более 300 В.

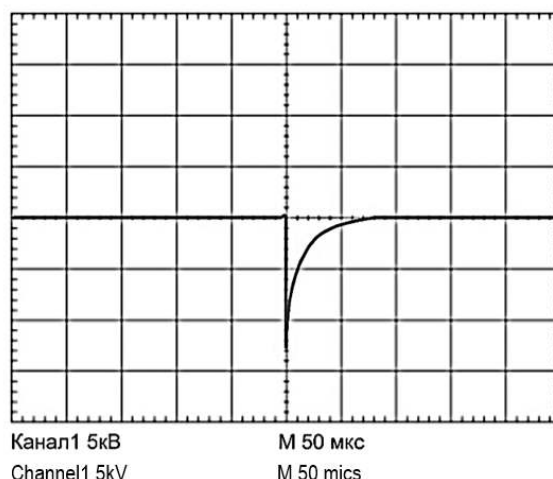


Рисунок 2 – Осциллограмма высоковольтного импульса:
амплитуда - 13 кВ, длительность нарастания фронта – 300 нс; длительность
экспоненциального среза – 63 мкс, длительность импульса – 65 мкс

Figure 2 – Oscillogram of high-voltage impulse:
amplitude is 13 kV, rise time of the front is 300 ns; exponential cutoff
duration is 63 μ s, impulse duration is 65 μ s

III. Высоковольтный блок. Основная его функциональная задача – обеспечивать зарядку электрической емкости выходного каскада С16. Основными элементами этого блока являются: защитный предохранитель FU2; автотрансформатор TV6; повышающий трансформатор TV7 (ТВИ 15/20); токоограничивающий резистор на высокое напряжение R20; высоковольтный выпрямительный полупроводниковый диод VD7 и накопительный конденсатор выходного (разрядного) каскада С16. Для плавного регулирования напряжения на первичной обмотке повышающего трансформатора TV7 применяется лабораторный автотрансформатор TV6, а для получения выпрямленного высокого напряжения – диод VD7. Для ограничения тока заряда накопительного конденсатора выходного каскада С16 используют резистор R20.

IV. Нагрузка. Нагрузкой R_n генератора импульсного напряжения может быть любой исследуемый объект, подвергаемый электроимпульсному воздействию для достижения технологического эффекта. В рассматриваемом случае при настройке в качестве нагрузки использовалась как однородная масса почвы, так и почва, содержащая диэлектрические включения, которая помещалась в рабочую ячейку для обработки. Личинки саранчи моделировались за счет применения диэлектрических включений – полипропиленовых предметов овальной продолговатой формы, по своим очертаниям и размерам напоминающим кубышки насекомых. Рабочая ячейка, по своей функциональной нагрузке соответствующая плоскому конденсатору, изготовлена из листового диэлектрического материала в виде прямоугольного параллелепипеда и двумя плоско-

параллельными пластинчатыми электродами из нержавеющей стали, между которыми в воздушном объеме размещались почвенные образцы для обработки. Электроды размещались в ячейке таким образом, что нижний электрод неподвижно закреплен на дне корпуса, а верхний, подпружиненный, выполнен с возможностью перемещаться по высоте, создавая фиксированное давление на почвенный массив.

Результаты и обсуждение. Спроектированный генератор импульсного напряжения был изготовлен, прошел пуско-наладочные испытания и проверен в работе, показал в условиях лаборатории высокую стабильность формирования высоковольтных импульсов на выходе и надежность функционирования в составе экспериментального исследовательского комплекса (рисунок 3) по изучению влияния электроимпульсных воздействий на почвенные образцы.

Исследовательский комплекс для проведения лабораторных экспериментов включает в себя следующие аппараты и установки: 1) лабораторный автотрансформатор; 2) повышающий высоковольтный испытательный трансформатор, типа ТВИ 15/20; 3) контрольно-измерительный цифровой мультиметр, типа МТХ 3282; 4) конденсатор на высокое напряжение выходного (разрядного) каскада генератора; 5) измерительный прецизионный LCR-метр, типа LCR-820; 6) блок управления коммутатором генератора импульсного напряжения; 7) блок коммутатора; 8) цифровой осциллограф с функцией запоминания как массива данных, так и графических зависимостей; 9) рабочая ячейка с личинками, находящимися в почвенных объемах.

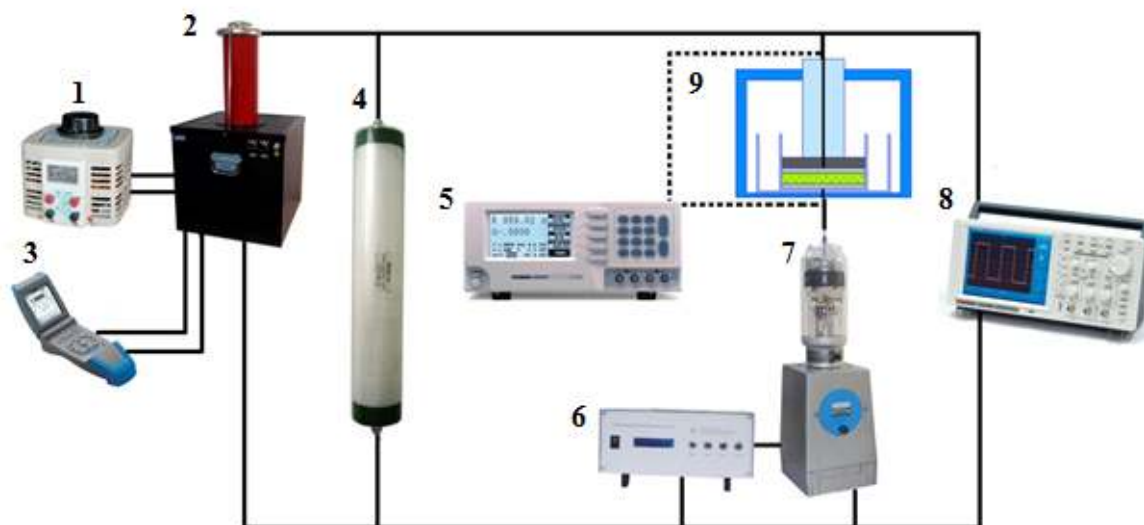


Рисунок 3 – Схема экспериментального исследовательского комплекса для изучения влияния электроимпульсных воздействий на жизнеспособность личинок саранчи:

- 1 – лабораторный автотрансформатор; 2 – трансформатор высоковольтный испытательный; 3 – цифровой мультиметр; 4 – высоковольтный конденсатор; 5 – прецизионный LCR-метр; 6 – блок управления коммутатором; 7 – блок коммутатора; 8 – цифровой осциллограф; 9 – рабочая ячейка с личинками, находящимися в почвенных объемах

Figure 3 – Diagram of experimental research complex for studying the effect of electrical impulse impact on the viability of locust larva:

- 1 - laboratory autotransformer; 2 - high-voltage test transformer; 3 - digital multimeter; 4 - high voltage capacitor; 5 - precision LCR-meter; 6 - switch control unit; 7 - switch block; 8 - digital oscilloscope; 9 - working cell with larva in soil volumes

Рабочая ячейка, в которой осуществляется обработка почвенных образцов, представляет собой конструкцию в виде параллелепипеда с двумя электродами, расположенными в ее основании, и в регулируемой по высоте подвижной крышке. Некоторый объем почвы размещается в межэлектродном пространстве ячейки, прижимаясь с некоторым усилием верхним электродом. Перед началом электроимпульсной высоковольтной обработки LCR-метр подключается к силовым зажимам электродов и производится измерение начального сопротивления почвенного образца. После проведения измерений LCR-метр отключается от контактов силовой цепи и к ним подключается выходной блок генератора импульсного напряжения – высоковольтный трансформатор, конденсатор выходного каскада генератора и коммутатор. Используя органы регулирования на передней панели блока управления коммутатором, задаем необходимую по технологическим требованиям частоту повторения воздействующих высоковольтных импульсов и фиксируем их требуемое, по задачам эксперимента, количество. Напряжение, необходимое для заряда конденсатора выходного (разрядного) каскада генератора, устанавливается с помощью лабораторного автотрансформатора с фиксацией показаний по цифровому мультиметру, который подключен к резистивному делителю высоковольтного трансформатора. Сам процесс электроимпульсной обработки протекает следующим образом: лабораторный автотрансформатор подключается к сетевому напряжению промышленной частоты и устанавливается соответствующее экспериментальным задачам значение напряжения на вторичной обмотке высоковольтного трансформатора – на панели блока управления с помощью органов управления выставляется необходимая частота повторения высоковольтных импульсов и ограничивается их количество – блок управления осуществляет управление блоком коммутатора и с заданными параметрами разряжает конденсатор выходного (разрядного) каскада генератора на почвенный объем, находящийся в рабочей ячейке. После завершения процесса электроимпульсной обработки силовые зажимы рабочей ячейки отключаются от высоковольтной цепи и присоединяются к измерительной, чтобы при помощи LCR-метра измерить изменившееся в процессе обработки сопротивление почвенного образца. Цифровой осциллограф фиксирует характер изменения и количественные показатели напряжения и тока, а опытные данные сохраняются в персональном компьютере.

Спроектированная исследовательская установка, собранная с основным компонентом – генератором импульсного напряжения, позволяет, в зависимости от задаваемого амплитудного значения напряжения обработки и емкости конденсатора выходного каскада, реализовывать следующие задачи и действия:

- 1) устанавливать в соответствии с предварительно заданным алгоритмом частоту повторения (следования) высоковольтных импульсов, верхняя граница которых определяется предварительно заданным значением, а нижняя – равна частоте 1 Гц;
- 2) устанавливать и контролировать в соответствии с предварительно заданным алгоритмом при помощи счётчика количество воздействующих высоковольтных импульсов;
- 3) генерировать в соответствии с предварительно заданным алгоритмом высоковольтные импульсы напряжения амплитудой до 16 кВ, имеющие экспоненциальный срез и различную длительность.

Высоковольтный импульс напряжения имеет крутой фронт вследствие быстрого отпирания тиристора (0,3 мкс), а пологий срез – из-за долгого разряда конденсатора выходного каскада на резистивную нагрузку. Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора выходного каскада, при разряде полностью поглощается обрабатываемым образцом почвы, размещенным в межэлектродном пространстве рабочей ячейки.

При наладке и проверке работоспособности разработанной конструкции генератора импульсного напряжения, проводилось осциллографирование формируемых на его выходе импульсов напряжения и тока (рисунок 4), протекающего через почвенный образец, размещенный в рабочей камере между электродами. Анализ снятых осциллограмм позволяет предположить, что почвенный объем представляет собой практически активную нагрузку, что следует учитывать при проведении натурных экспериментов.

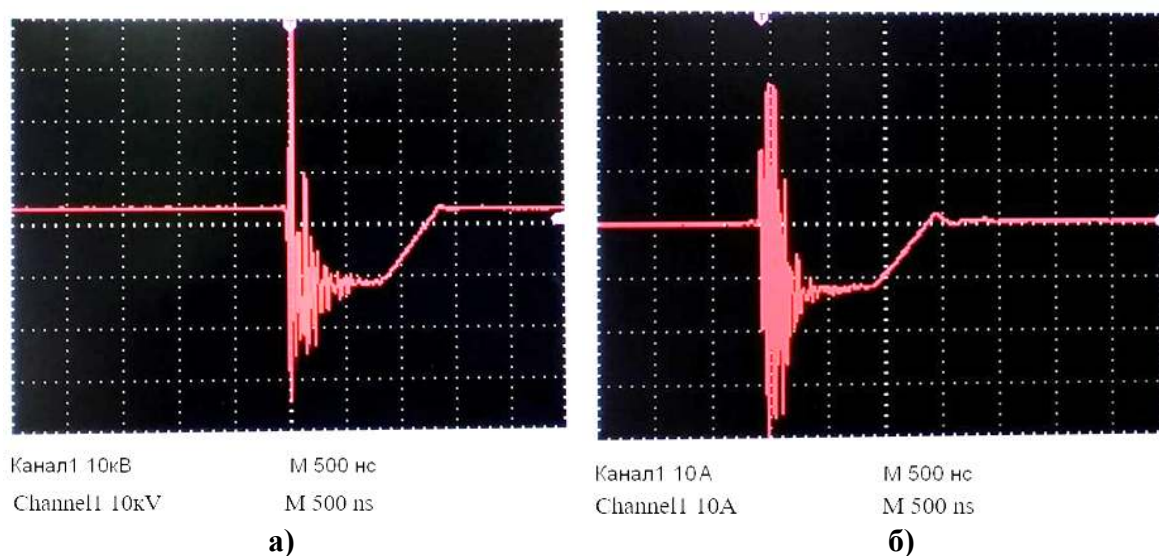


Рисунок 4 – Осциллограммы воздействующего импульса напряжения (а) и импульса тока (б), протекающего через обрабатываемый почвенный объем.
Сопротивление почвенного объема в рабочей камере, измеренное на частоте 10 кГц – 47,51 кОм;
а на постоянном токе – 81,48 кОм

Figure 4 – Oscillograms of the acting voltage impulse (a) and the current pulse (b), flowing through the cultivated soil volume.

Resistance of the soil volume in the working chamber, measured at frequency of 10 kHz is 47.51 kOhm; and on direct current it equals to 81.48 kOhm

Выводы. Спроектированный и изготовленный генератор импульсного высокого напряжения при испытаниях в составе экспериментального комплекса показал высокую надежность и позволил получить требуемые заданием экспериментальных исследований параметры формируемых импульсов. Исследовательский комплекс, собранный на основе генератора импульсного напряжения, позволяет в лабораторных условиях не только осуществлять обработку почвенных образцов, но и дает возможность в функции непрерывного сканирования с помощью компьютера обрабатывать результаты экспериментов, внося коррективы в обработку и оценивая получаемые результаты. Небольшие коррективы, которые предполагается внести в схему и которые касаются ее питания, позволят исследовательский комплекс применять и при проведении полевых экспериментов.

Библиографический список

1. Вужицкий А. В., Куценко Ю. Н. Анализ методов и электрофизических устройств для уничтожения прикорневых вредителей в садоводстве // Вестник аграрной науки Дона. 2012. № 2 (18). С. 47-53.
2. Королев В. А., Топорков В. Н. Интенсификация электроимпульсных процессов в агротехнологиях // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 3. С. 5-10.

3. Перспективные способы борьбы с саранчой / Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков, Е. В. Коноплев [и др.] // Сельский механизатор. 2019. № 11. С. 12-13.
4. Топорков В. Н., Королев В. А. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками: монография. М.: ФНАЦ ВИМ, 2017. 132 с.
5. Юдаев И. В. Технологически эффективная и экологически безопасная борьба с сорными растениями // Сельский механизатор. 2020. № 8. С. 2-3.
6. Baev V. I., Yudaev I. V. Efficiency estimation of type of the electrical exposure on plants at their processing // AD ALTA-Journal of Interdisciplinary Research. 2018. Vol. 8(1). Pp. 252-257.
7. Cost Effective Design of High Voltage Impulse Generator and Modeling in Matlab / Z. Javid, Ke-J. Li, K. Sun [et. al.] // J Electr Eng Technol. 2018. № 13 (3). Pp. 1346-1354.
8. Design and Construction of 30 kV High Voltage Generator using Fly-back Converter / A. Singhasathien, W. Kesil, S. Boonyayut [et. al.] // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 781. Pp. 361-365.
9. Effect of electric pulse charged to culture soil on improvement of nutritional soil condition and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) / J. Y. Yi, J. W. Choi, B. Y. Jeon [et. al.] // Agricultural Sciences. 2012. № 3. Pp. 941-948.
10. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development / V. I. Baev, V. A. Petrukhin, I. V. Baev [et. al.] // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development (ed. by V. Kharchenko and Pandian Vasant). Hershey PA: IGI Global, 2018. Pp.283-310.
11. Kirthy Reddy M., Penchalaraju M. Pulsed electric field technology in food processing industry-a review // International journal of science and research. 2014. Vol. 3. Pp.1144-1149.
12. Plant tissue sensitivity to electrical impulse / I. V. Yudaev, Y. V. Daus, V. V. Gamaga [et. al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9 (4). Pp. 734-739.
13. Pulsed electric field assisted vacuum freeze-drying of apple tissue / O. Parniakov, O. Bals, N. Lebovka [et. al.] // Innovative food science & emerging technologies. 2016. № 35. Pp. 52-57.
14. Stankovic M. V., Cvijanovic M., Dukic V. Ecological importance of electrical devices innovative in the process of anti *Ambrosia artemisiifolia* L. // Economics of Agriculture. 2016. Vol. 3. Pp. 861-870.
15. The effects of electric, magnetic and electromagnetic fields on microorganisms in the perspective of bioremediation / G. Beretta, A. F. Mastorgio, L. Pedrali [et. al.] // Rev Environ Sci Biotechnol. 2019. № 18. Pp. 29-75.
16. Ur-Rehman A., Khan N. Design and Fabrication of a High Voltage Lightning Impulse Generator // Engineering. 2016. № 8. Pp. 69-73.

Conclusions. The designed and manufactured high-voltage pulse generator during tests as part of the experimental complex showed high reliability and allowed us to obtain the parameters of the generated pulses required by the task of experimental studies. The research complex, assembled on the basis of a pulse voltage generator, allows not only to process soil samples in laboratory conditions, but also makes it possible to process the results of experiments in the function of continuous scanning with the help of a computer, making adjustments to the processing and evaluating the results obtained. Small adjustments that are supposed to be made to the scheme and which relate to its nutrition will allow the research complex to be used in conducting field experiments.

References

1. Vuzhickij A. V., Kucenko Yu. N. Analiz metodov i jlektrofizicheskikh ustrojstv dlya unichtozheniya prikornevyyh vreditel'ej v sadovodstve // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2012. № 2 (18). S. 47-53.
2. Korolev V. A., Toporkov V. N. Intensifikaciya jlektroimpul'snyh processov v agrotehnologiyah // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2017. № 3. S. 5-10.
3. Perspektivnye sposoby bor'by s saranchoj / G. V. Nikitenko, A. A. Lysakov, E. V. Konoplev [i dr.] // Sel'skij mehanizator. 2019. № 11. S. 12-13.

4. Toporkov V. N., Korolev V. A. }lektroimpul'snaya ustanovka dlya bor'by s sornyakami: monografiya. M.: FNAC VIM, 2017. 132 s.
5. Yudaev I. V. Tehnologicheski jffektivnaya i jkologicheski bezopasnaya bor'ba s sornymi rasteniyami // Sel'skij mehanizator. 2020. № 8. S. 2-3.
6. Baev V. I., Yudaev I. V. Efficiency estimation of type of the electrical exposure on plants at their processing // AD ALTA-Journal of Interdisciplinary Research. 2018. Vol. 8(1). Pp. 252-257.
7. Cost Effective Design of High Voltage Impulse Generator and Modeling in Matlab / Z. Javid, Ke-J. Li, K. Sun [et. al.] // J Electr Eng Technol. 2018. № 13 (3). Pp. 1346-1354.
8. Design and Construction of 30 kV High Voltage Generator using Fly-back Converter / A. Singhasathien, W. Kesil, S. Boonyayut [et. al.] // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 781. Pp. 361-365.
9. Effect of electric pulse charged to culture soil on improvement of nutritional soil condition and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) / J. Y. Yi, J. W. Choi, B. Y. Jeon [et. al.] // Agricultural Sciences. 2012. № 3. Pp. 941-948.
10. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development / V. I. Baev, V. A. Petrukhin, I. V. Baev [et. al.] // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development (ed. by V. Kharchenko and Pandian Vasant). Hershey PA: IGI Global, 2018. Pp.283-310.
11. Kirthy Reddy M., Penchalaraju M. Pulsed electric field technology in food processing industry-a review // International journal of science and research. 2014. Vol. 3. Pp.1144-1149.
12. Plant tissue sensitivity to electrical impulse / I. V. Yudaev, Y. V. Daus, V. V. Gamaga [et. al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9 (4). Pp. 734-739.
13. Pulsed electric field assisted vacuum freeze-drying of apple tissue / O. Parnikov, O. Bals, N. Lebovka [et. al.] // Innovative food science & emerging technologies. 2016. № 35. Pp. 52-57.
14. Stankovic M. V., Cvijanovic M., Dukic V. Ecological importance of electrical devices innovative in the process of anti *Ambrosia artemisiifolia* L. // Economics of Agriculture. 2016. Vol. 3. Pp. 861-870.
15. The effects of electric, magnetic and electromagnetic fields on microorganisms in the perspective of bioremediation / G. Beretta, A. F. Mastorgio, L. Pedrali [et. al.] // Rev Environ Sci Biotechnol. 2019. № 18. Pp. 29-75.
16. Ur-Rehman A., Khan N. Design and Fabrication of a High Voltage Lightning Impulse Generator // Engineering. 2016. № 8. Pp. 69-73.

Information about the authors

Yudaev Igor Viktorovich – Doctor of Technical Science, professor, professor of the Power Supply of Enterprises and Electrotechnology department, vice-rector for academic and educational work of FSBEI HE "St. Petersburg State Agrarian University". Phones: + 7-902-381-83-39. E-mail: etsh1965@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>

Eviev Valery Andreevich-Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor of the Agricultural Engineering department, dean of the Engineering and Technology faculty of FSBEI HE "Kalmyk State University named after B. Gorodovikov". Phone: 8 (84722)3-45-49, e-mail: aviev@yandex.ru

Belyaeva Balyuta Irendenevna-Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor of the Agricultural Engineering department of the Engineering and Technology faculty of FSBEI HE "Kalmyk State University named after B. Gorodovikov". Phone: 8 (84722)3-45-49, e-mail: belva67@mail.ru

Kokurin Ruslan Gennadievich - postgraduate student of the Heat Power Engineering and Information Control Systems department, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Don SAU. Phone: + 7-999-626-78-10, e-mail: chemistr@yandex.ru

Информация об авторах

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии», проректор по учебной и воспитательной работе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2) Телефон: +7-902-381-83-39. E-mail: etsh1965@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры агроинженерии, декан инженерно-технологического факультета Калмыцкого государственного университета имени Б. Б. Городовикова (Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11). E-mail: aviev@yandex.ru

Беляева Балюта Иренденевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры агроинженерии инженерно-технологического факультета Калмыцкого государственного университета имени Б. Б. Городовикова (Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11). E-mail: belva67@mail.ru

Кокурин Руслан Геннадьевич, аспирант кафедры «Теплоэнергетика и информационно-управляющие системы», Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21). E-mail: chemistr@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-46

DYNAMICS OF PRECIPITATION AND TEMPERATURE IN THE SUMMER PERIOD ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD TRANS-VOLGA REGION

V.G. Yuferev, N.A. Tkachenko,

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 10.02.2021

Submitted 11.05.2021

The work is executed at financial support of the RFBR and the Volgograd oblast in the framework of the scientific project No. 19-45-340003 "Scientific justification and patterns of state change of landscapes ecotone Small Sirt – Caspian lowland in Volgograd Trans-Volga region".

Summary

A significant part of the lands of the Volgograd Trans-Volga region, which are in agricultural circulation, is located in the zone of unstable and insufficient moisture. As a result, the determination of the dynamics of precipitation and temperature, the characteristics of their changes are important for the forecast of droughts. Analysis of spatial data on changes in climatic conditions has shown that the dynamics tends to tighten the arid conditions and increase the likelihood of very severe droughts in the Volgograd Trans-Volga region.

Abstract

The relevance of research on the territory of the Volgograd Trans-Volga region is determined by the prolonged absence of precipitation or their significant reduction in comparison with the average long-term norms in unfavorable years, which, in conditions of high temperatures of air masses, the upper layer of soil and prolonged winds, leads to drought, in which the humidity of air and soil sharply decreases, the water balance of vegetation is disturbed, the productivity of agricultural products decreases. **Introduction.** A significant part of the lands of the Volgograd Trans-Volga region, which are in agricultural circulation, are located in the zone of unstable and insufficient moisture. As a result, the determination of the dynamics of precipitation and temperature, the characteristics of their change are important for the forecast of droughts. **Methods and techniques.** The analysis of spatial data on changes in climatic conditions was carried out using the methods of geostatistics, as well as geographic information systems for the spatial determination of the average values of the main meteorological quantities for the period 1969-2020. Dynamics studies were carried out in the period from April to October. As a result, changes in the amount of precipitation, the amount of average daily temperatures and changes in the Selyaninov hydrothermal coefficient were established. **Results and conclusion.** Studies have shown that the dynamics of changes in the amount of precipitation for the period under consideration is determined by the average speed $V_R = -1,88$ mm per year and shows a decrease in precipitation in the period under consideration by 96 mm. The dynamics of the sum of average daily temperatures is determined by the average rate $V_t = 0,32$ °/ year and shows an increase in the sum of average daily temperatures in the period under consideration by 16°. The average rate of decrease in Selyaninov's hydrothermal coefficient is 0.001 units per year. For 50 years, on the territory of the Volgograd Trans-Volga region, Selyaninov's hydrothermal coefficient has decreased by 0.05 units. A tendency has been established to toughen arid conditions and the likelihood of very severe droughts on

the territory of the Volgograd Trans-Volga region. This situation requires the intensification of the complex of reclamation measures from irrigation and forest reclamation of agricultural landscapes to the transfer of land to pastures.

Key words: *dynamics, precipitation, temperature, hydrothermal coefficient, climate, conditions, speed, drought.*

Citation. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. Dynamics of precipitation and temperature in the summer period on the territory of the Volgograd Trans-Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 467-475 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-46.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 633.2(58.02)

ДИНАМИКА ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

В. Г. Юферев, доктор сельскохозяйственных наук
Н. А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.02.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-340003 «Научное обоснование и закономерности
изменения состояния ландшафтов экотона Малый Сырт – Прикаспийская низменность
в Волгоградском Заволжье»**

Актуальность исследований на территории Волгоградского Заволжья определена продолжительным отсутствием осадков или их значительным сокращением по сравнению со средними многолетними нормами в неблагоприятные годы, что в условиях высоких температур воздушных масс верхнего слоя почвы и продолжительных ветров приводит к засухе, при которой резко снижается влажность воздуха и почв, нарушается водный баланс растительности, снижается продуктивность сельскохозяйственной продукции. Значительная часть земель Волгоградского Заволжья, находящихся в сельскохозяйственном обороте, располагается в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения, вследствие чего, определение динамики осадков и температуры, характеристик их изменения имеют значение для прогноза засух. **Материалы и методы.** Анализ пространственных данных по изменению климатических условий проводился с использованием методов геостатистики, а также геоинформационных систем для пространственного определения средних значений основных метеорологических величин за период 1969-2020 гг. Исследования динамики проведены в период с апреля по октябрь. В результате установлены изменения сумм выпадения осадков, сумм среднесуточных температур и изменения гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). **Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что динамика изменения суммы осадков за рассматриваемый период определяется средней скоростью $V_R = -1,88$ мм/год и показывает снижение осадков в рассматриваемый период на 96 мм. Динамика суммы среднесуточных температур определяется средней скоростью $V_t = 0,32$ °/год и показывает повышение суммы среднесуточных температур в рассматриваемый период на 16°. Средняя скорость снижения ГТК составляет 0,001 ед/год. За 50 лет на территории Волгоградского Заволжья ГТК снизился на 0,05 ед. **Выводы.** Установлена тенденция к ужесточению засушливых условий и вероятности проявления очень сильных засух на территории Волгоградского Заволжья. Такая ситуация требует интенсификации комплекса мелиоративных мероприятий от орошения и лесомелиорации агроландшафтов до перевода угодий в пастбища.

Ключевые слова: *динамика осадков, методы геостатистики, суммы выпадения осадков, климатические условия Заволжья.*

Цитирование. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 467-475. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-46.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Величина осадков в летний период на территории Волгоградского Заволжья определена особенностями ландшафта, в том числе климатическими условиями, включая циркуляционные процессы в атмосфере. При этом многолетние исследования показали, что засухи наблюдаются на большой площади и наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству, в том числе представляют проблему для животноводства, уменьшая кормовую базу. Засухи не только снижают урожайность сельскохозяйственных культур, но и вызывают гибель посевов на больших площадях, увеличивают вероятность появления болезней и развития сельскохозяйственных вредителей, что способствует деградации растений, возрастанию вероятности возникновения пожаров. Сочетание неблагоприятных последствий изменения климата и деградации земель проявляются в нашей стране в засухах, пыльных бурях и суховеях и др., что отрицательно сказывается на возможностях развития целого ряда отраслей. Для России мониторинг засушливых явлений имеет особую значимость, поскольку значительная часть земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте, располагается в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения. К таким территориям относится Волгоградское Заволжье, отличительными чертами которого являются высокая степень засушливости, дефицит влаги, изменчивость погоды, частое проявление сильных и катастрофических засух. Следовательно, изучение динамики осадков и температуры в летний период является актуальной современной проблемой, а изучение пространственных закономерностей и взаимосвязи процессов является важной научной задачей.

Территория Волгоградского Заволжья обладает большим биоклиматическим потенциалом для производства продовольственных и технических культур в России, но в то же время в связи с недостатком атмосферной влаги подвержена засухам [3, 9, 10, 12]. Повторяемость сильных атмосферных засух с засушливыми условиями составляет более 80 %, поэтому богарное земледелие здесь обусловлено определенным риском, так как частые засухи обуславливают низкую экономическую эффективность производства сельскохозяйственных культур [8, 13].

Величина ущерба, наносимого в результате засух, зависит от их интенсивности, времени возникновения и продолжительности, поэтому актуальной проблемой является выявления закономерностей проявления засух [4-7, 11]. Анализ изменения климатических условий по показателям многолетнего мониторинга на территории Волгоградского Заволжья проводился с использованием геоинформационного моделирования и картографирования на основе архивных данных метеорологических наблюдений и спутниковой информации.

Материалы и методы. Статистический анализ пространственных данных по изменению региональных климатических условий проводился с использованием геоинформационных систем на основе сравнения пространственно определенных средних значений основных метеорологических величин за период 1969-2020 гг., который обусловлен наличием полных данных по метеоусловиям к координатам метеостанций региона исследований. В связи с тем, что современные климатические условия для рассматриваемой территории имеют тенденцию к повышению среднегодовой температуры и одновременно к снижению осадков, для оценки изменения характеристик теплового и влажностного режима агроландшафтов для выбранной территории с апреля по октябрь в период 1969-2020 гг.

на территории Волгоградского Заволжья проведены исследования изменения суммарной среднесуточной температуры, изменения суммы выпадения осадков и изменения гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). Источником данных был выбран климатический архив ВНИИГМИ-МДЦ [1]. Анализ распределения осадков (рисунок 1), показал, что среднемноголетние осадки в Волгоградском Заволжье распределены от 400 мм в западной части и до 250 мм в восточной с восточным направлением снижения.

В связи с этим динамика определялась по данным репрезентативной метеостанции Палласовка. В целом же рассматривались данные близких по расположению метеостанций Эльтон, Волгоград, Верхний Баскунчак и еще данные 21 станции на территориях, прилегающих к объекту исследований.

Статистический анализ изменения указанных выше параметров проводился на основе сравнения средних значений их величин за период наблюдений 1969-2020 гг., для температуры – сумма среднесуточных температур по месяцам, для осадков – сумма месячных осадков за период апрель – октябрь.

Уровень засушливости устанавливался по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова [2]. Разной степени увлажнения соответствует следующая градация: ГТК < 0,30 – очень сильная засуха, $0,31 \leq \text{ГТК} < 0,60$ – сильная засуха, $0,61 \leq \text{ГТК} < 0,80$ – средняя засуха, $0,81 \leq \text{ГТК} < 1,00$ – слабая засуха, ГТК > 1,00 – достаточное увлажнение.

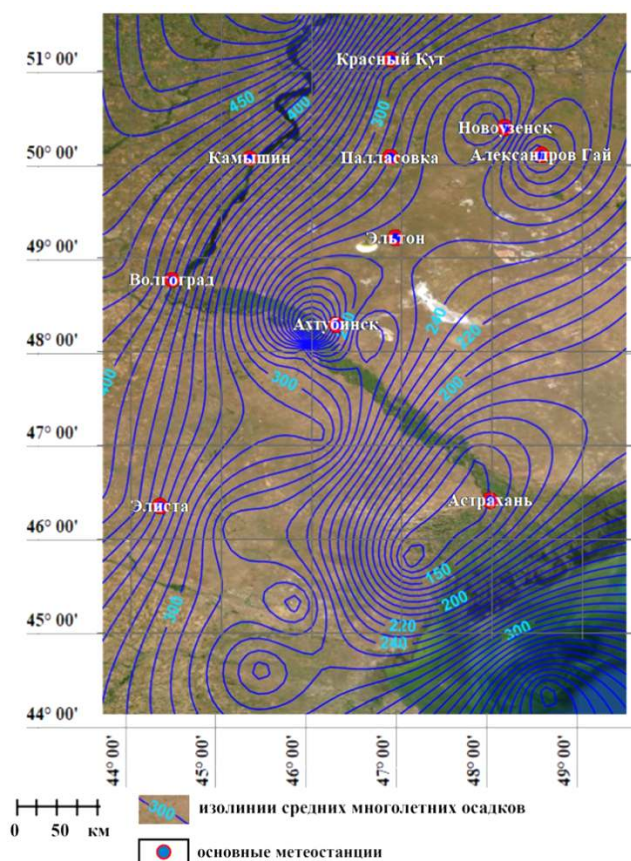


Рисунок 1 – Изолинейная карта осадков на территории исследований

Figure 1 – Isolinear map of precipitation in the territory of the research

Результаты и обсуждение. Анализ изменения среднего многолетнего количества осадков в Волгоградском Заволжье по метеостанции Палласовка (рисунок 2) показал, что его территория расположена в зоне недостаточного увлажнения. Максимум отмечен в 1993 и составил 425 мм, минимальное значение – 46 мм – в 2006 году.

Статистический анализ осадков за 50 лет показал доверительный интервал изменения количества осадков с вероятностью 95 % – $211,2 \pm 28,0$ мм. Вероятный уровень осадков показывает в целом наличие засушливых условий на территории исследований. Линейный тренд изменения количества осадков за 50-летний период может быть представлен уравнением регрессии $R = -1,88x + 256,9$, где x – год от начала наблюдений. Динамика изменения суммы осадков за рассматриваемый период определяется средней скоростью, в соответствии с первой производной по уравнению регрессии составляет $V_R = -1,88$ мм/год и показывает снижение осадков в рассматриваемый период на 96 мм.

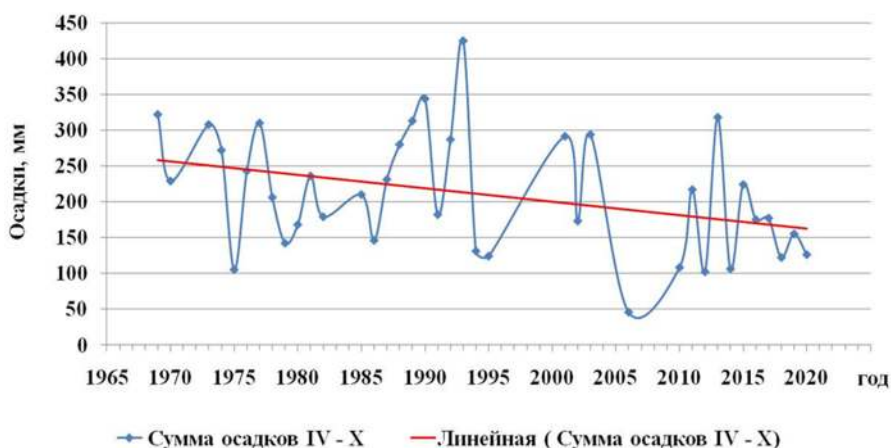


Рисунок 2 – Изменение количества осадков на территории исследований

Figure 2 - Changes in precipitation in the territory of the research

Анализ изменения суммы среднесуточных температур (рисунок 3) показал доверительный интервал $115,1 \pm 2,74$ °, то есть разброс температур за период наблюдений с вероятностью 95 % укладывается в интервал $5,48^\circ$ от среднего, а многолетний линейный тренд может быть представлен уравнением регрессии $t_{срс} = 0,32x + 107,2$, где x – год от начала наблюдений.

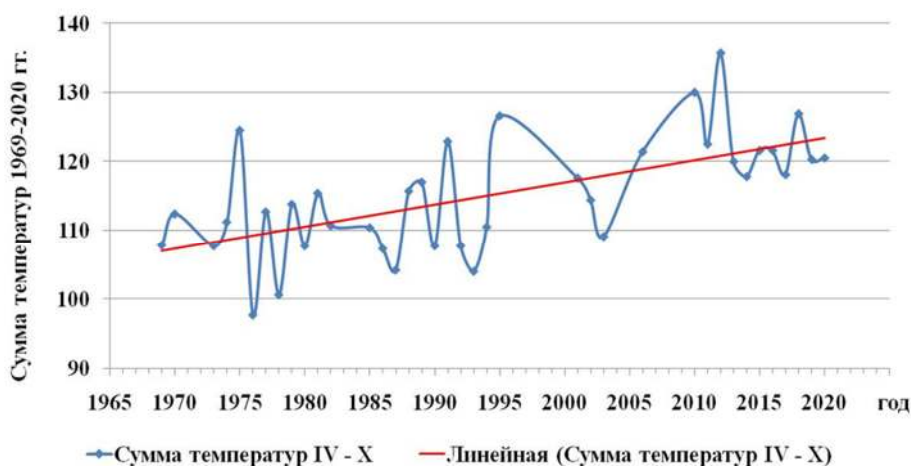


Рисунок 3 – Изменение суммы среднесуточных температур на территории исследований

Figure 3-Change in the sum of the average daily temperatures in the territory of the research

Динамика суммы среднесуточных температур за рассматриваемый период определяется средней скоростью, которая в соответствии с первой производной по уравнению регрессии, составляет $V_t = 0,32$ °/год и показывает повышение суммы среднесуточных температур в рассматриваемый период на 16° .

Анализ изменения гидротермического коэффициента (рисунок 4) показал, что этот коэффициент практически полностью повторяет изменение суммарного количества осадков (рисунок 2).

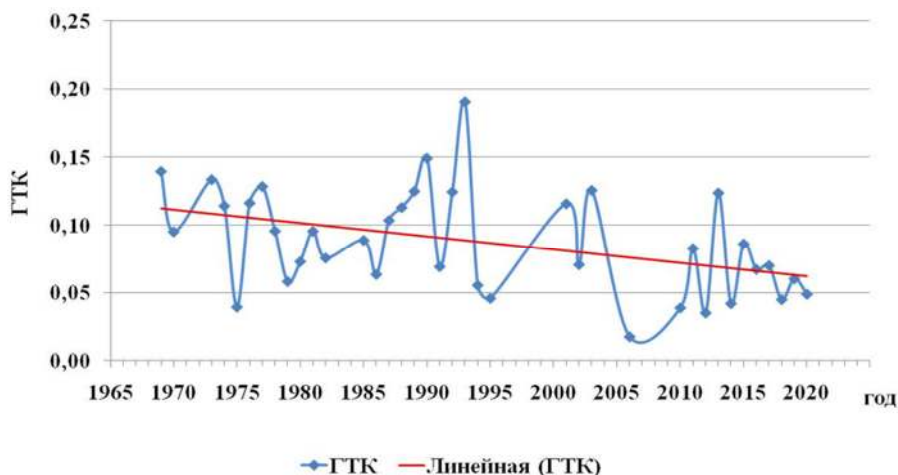


Рисунок 4 – Изменение ГТК на территории исследований

Figure 4-Change in the hydrothermal coefficient in the territory of the research

Корреляционный анализ (таблица 1) также показал сильную связь суммы осадков за рассматриваемый период и ГТК (0,990), и среднюю обратную для суммы среднесуточных температур и ГТК (-0,634). Связь между изменением суммы осадков за рассматриваемый период и суммы среднесуточных температур – средняя обратная (-0,537).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции рядов данных ГТК, суммы среднесуточных температур и суммы осадков

Table 1-Correlation coefficients of the series data of the hydrothermal coefficient, the sum of the average daily temperatures and the sum of precipitation

	ГТК Hydrothermal coefficient	Сумма температур Sum of the average daily temperatures	Сумма осадков Sum of precipitation
ГТК Hydrothermal coefficient	1		
Сумма температур Sum of the average daily temperatures	-0,634	1	
Сумма осадков Sum of precipitation	0,990	-0,537	1

Доверительный интервал ГТК равен $0,087 \pm 0,013$, он показывает, что с 95 % вероятностью этот коэффициент будет в интервале 0,1 – 0,074, что соответствует очень сильной засухе.

Многолетний линейный тренд изменения ГТК может быть представлен уравнением регрессии $ГТК = -0,001x + 0,1114$, где x – год от начала наблюдений.

Исходя из этого уравнения средняя скорость снижения ГТК составляет 0,001 ед/год. За 50 лет на территории Волгоградского Заволжья ГТК снизился на 0,05 ед.

Выводы. В результате исследований установлена средняя скорость изменения суммарного количества осадков с апреля по октябрь за 50-летний период исследований, составляющая $V_R = -1,88$ мм/год, и показывает снижение осадков в рассматриваемый период на 96 мм, средняя скорость изменения суммы среднесуточных температур $V_t = 0,32$ °/год,

что показывает повышение суммы среднесуточных температур в рассматриваемый период на 16°. Изменение ГТК также имеет тенденцию к снижению скорость которого составляет 0,001 ед/год. За 50 лет на территории Волгоградского Заволжья ГТК снизился на 0,05 ед. Таким образом, установлена тенденция к ужесточению засушливых условий и вероятности проявления очень сильных засух на территории Волгоградского Заволжья. Такая ситуация требует интенсификации комплекса мелиоративных мероприятий от орошения и лесомелиорации агроландшафтов до перевода угодий в пастбища.

Библиографический список

1. Архив климатических данных ВНИИГМИ-МЦД. <http://meteo.ru/>.
2. Виноградова В. В. Тепловое воздействие на территории России в середине XXI века по модельным данным // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 3. С. 403-413.
3. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. Т. 2. 476 с.
4. Золотокрылин А. Н. Засухи и опустынивание в суббореальных ландшафтах России // Известия РАН. Сер. Географическая. 2013. № 5. С. 64-73.
5. Золотокрылин А. Н., Черенкова Е. А., Титкова Т. Б. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 2. С. 207-217.
6. Лысенко С. А. Климатообусловленные изменения биопродуктивности наземных экосистем Беларуси // Исследование земли из космоса. 2019. № 6. С. 77-88.
7. Переведенцев Ю. П., Шарипова Р. Б., Важнова Н. А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник Удмуртского университета. 2012. Вып. 2. С. 120-126.
8. Рубан Д. А., Яшалова Н. Н. Опасность засухи как вызов для сельского хозяйства России в современных экономических условиях // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. № 2. С. 101-113.
9. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner [et al.]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 2535 p.
10. Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme / E. P. Meredith [et al.] // Nature Geoscience. 2015. Vol. 8. P. 615-619.
11. Estimation of drought-related yield loss using the dynamic statistical model of crop productivity forecasting / A. D. Kleshchenko [et al.] // Russian Meteorology and Hydrology. 2016. V. 41. № 4. P. 299-306.
12. Geoinformational analysis of desertification of the northwestern caspian / K. N. Kulik, V. I. Petrov, V. G. Yuferev, N. A. Tkachenko, S. S. Shinkarenko // Arid Ecosystems. 2020. V. 10. № 2. P. 98-105.
13. Peterson T. C. Climate change indices // WMO Bulletin. 2005. Vol. 54. No. 2. P. 83-86.

Conclusions. The research found the average rate of change of the total precipitation from April to October, the 50-year period of research, component $VR = -1,88$ mm/year and shows a decrease in precipitation in the period under review, 96 mm, the average rate of change of the sum of average daily temperatures $Vt = 0,32$ °C/year, which indicates an increase in the amount of average daily temperatures in the period under review, 16°. The change in the SCC also tends to decrease, the rate of which is 0.001 units / year. For 50 years in the territory of the Volgograd Zavolzhye, the SCC decreased by 0.05 units. Thus, there is a tendency to increase the severity of dry conditions and the likelihood of very severe droughts

in the Volgograd Trans-Volga region. This situation requires the intensification of the complex of land reclamation measures from irrigation and forest reclamation of agricultural landscapes to the transfer of land to pastures.

References

1. Arhiv klimaticheskikh dannyh VNIIGMI-MCC. <http://meteo.ru/>.
2. Vinogradova V. V. Teplovoe vozdeystvie na territorii Rossii v seredine XXI veka po model'nym dannym // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2020. № 3. S. 403-413.
3. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivanie i degradaciya ze-mel', institucional'nye, infrastrukturnye, tehnologicheskie mery adaptacii (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo): Nacional'nyj doklad / pod red. R. S. -- H. }del'gerieva. M.: OOO "Izdatel'stvo MBA", 2019. T. 2. 476 s.
4. Zolotokrylin A. N. Zasuhi i opustynivanie v subboreal'nyh landshaftah Rossii // Izvestiya RAN. Ser. Geograficheskaya. 2013. № 5. S. 64-73.
5. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Aridizaciya zasushlivyh zemel' Evropejskoj chasti Rossii i svyaz' s zasuhami // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2020. № 2. S. 207-217.
6. Lysenko S. A. Klimatoobuslovlennye izmeneniya bioproductivnosti nazemnyh jkosistem Belarusi // Issledovanie zemli iz kosmosa. 2019. № 6. S. 77-88.
7. Perevedencev Yu. P., Sharipova R. B., Vazhnova N. A. Agroklimaticheskie resursy Ul'yanovskoj oblasti i ih vliyanie na urozhajnost' zernovyh kul'tur // Vestnik Udmurtskogo universiteta. 2012. Vyp. 2. S. 120-126.
8. Ruban D. A., Yashalova N. N. Opasnost' zasuhi kak vyzov dlya sel'skogo hozyajstva rossii v sovremennyh jkonomicheskikh usloviyah // Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2017. № 2. S. 101-113.
9. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner [et al.]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 2535 p.
10. Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme / E. P. Meredith [et al.] // Nature Geoscience. 2015. Vol. 8. P. 615-619.
11. Estimation of drought-related yield loss using the dynamic statistical model of crop productivity forecasting / A. D. Kleshchenko [et al.] // Russian Meteorology and Hydrology. 2016. V. 41. № 4. P. 299-306.
12. Geoinformational analysis of desertification of the northwestern caspian / K. N. Kulik, V. I. Petrov, V. G. Yuferev, N. A. Tkachenko, S. S. Shinkarenko // Arid Ecosystems. 2020. V. 10. № 2. P. 98-105.
13. Peterson T. C. Climate change indices // WMO Bulletin. 2005. Vol. 54. No. 2. P. 83-86.

Authors Information

Yuferev Valery Grigoryevich, Chief Researcher - Head of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforests, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (97 Universitetskij Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation), Doctor of of Agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 46-25-86, e-mail: yuferevv@vfanc.ru

Tkachenko Natalia Aleksandrovna, Researcher Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforests, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (97 Universitetskij Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation), Candidate of of Agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 46-25-86, e-mail: tkachenkon@vfanc.ru

Информация об авторах

Юфереv Валерий Григорьевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-86, e-mail: yuferevv@vfanc.ru

Ткаченко Наталья Александровна, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-86, e-mail: tkachenkon@vfanc.ru

FUNCTIONAL RELATIONSHIP OF INNOVATIVE DEVELOPMENT MECHANISMS WITH THE SYSTEM OF STANDARD DESIGN DOCUMENTATION OF RECLAMATION FACILITIES

V. V. Slabunov, A. A. Kirilenko, O. V. Voevodin

*Federal State Budget Scientific Institution «Russian Research Institute of Melioration Problems»,
Novocherkassk, Rostov Region*

Received 25.03.2021

Submitted 28.05.2021

Abstract

Introduction. Innovative development mechanisms are powerful tools for creating and improving systems in any areas of knowledge, including in relation to standard design in land reclamation, the potential for the formation of a qualitatively new convergent system arises. The aim of the study was to form models of the composition and structure of a typical design system for reclamation facilities in the context of the application of innovative development mechanisms. **Object.** The object of the research was a convergent system of typical design of an amelioration complex based on mechanisms of innovative development. **Materials and methods.** The starting material for the work was research in the field of application of innovative development mechanisms. Determination of the composition of the system and the construction of connections between its components was carried out using the methods of system analysis, synthesis and generalization. **Results and conclusions.** The process of complex formation of a system of typical project documentation can be carried out by decomposing the project life cycle into five stages, the course of which determines the presence of five corresponding innovative mechanisms. Due to the close connection between the mechanisms and the sequence of the stages of creating a project, it becomes possible to combine the constituent elements into one system aimed at performing work on organizing and managing, financing and stimulating, developing and implementing a new project. At the same time, first of all, it is supposed to build on the specific reclamation tasks of organizational, economic and technical measures, which will contribute to a more accelerated accumulation, analysis and orderly storage and use of the database of standard design documentation for its intended purpose, bringing it to the requirements of a single classification.

Key words: *system, standard project, design, innovative mechanism, reclamation complex.*

Citation. Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V. Functional relationships of innovative development mechanisms with the system of standard design documentation for reclamation facilities. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 00–00. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-47.

Author's contribution. All authors of the present 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 interests. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 626.8

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ИННОВАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ РАЗВИТИЯ С СИСТЕМОЙ ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. В. Слабунов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

А. А. Кириленко, младший научный сотрудник

О. В. Воеводин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

*ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия*

Дата поступления в редакцию 25.03.2021

Дата принятия к печати 28.05.2021

Актуальность. Инновационные механизмы развития являются мощными инструментами создания и совершенствования систем в любых областях знаний, в том числе применительно к типовому проектированию в мелиорации возникает потенциал образования каче-

ственно новой конвергентной системы. Целью исследования являлось формирование моделей состава и структуры системы типового проектирования мелиоративных объектов в разрезе применения инновационных механизмов развития. **Объект.** Объектом исследования являлась конвергентная система типового проектирования мелиоративного комплекса на основе механизмов инновационного развития. **Материалы и методы.** Исходным материалом для работы послужили исследования в области применения инновационных механизмов развития. Определение состава системы и построение связей ее компонентов осуществлялось с помощью методов системного анализа, синтеза и обобщения. **Результаты и выводы.** Процесс комплексного формирования системы типовой проектной документации можно осуществить путем декомпозиции жизненного цикла проекта на пять этапов, протекание которых обуславливает наличие пяти соответствующих инновационных механизмов. Благодаря тесной связи механизмов и последовательности этапов создания проекта, возникает возможность соединения составляющих элементов в одну систему, направленную на выполнение работ по организации и управлению, финансированию и стимулированию, разработке и внедрению нового проекта. При этом в первую очередь, предполагается отталкиваться от конкретных мелиоративных задач организационно-хозяйственных и технических мероприятий, что будет способствовать ускоренному накоплению, анализу и упорядоченному хранению и использованию по назначению базы данных типовой проектной документации, подведение ее под требования единой классификации.

Ключевые слова: мелиоративные комплексы, типовая проектная документация, инновационные механизмы.

Цитирование. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 00–00. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-47.

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. Форсированный рост объемов всех видов строительства и проводимых мероприятий по реконструкции и модернизации мелиоративных объектов диктует необходимость обращения к стандартизированным и типизированным проектным решениям. следствием этого является возрастающая актуальность широкого применения и закрепления в документах, имеющих правовой статус, проектных решений, используемых в стандартных ситуациях и применяемых многократно, в том числе повторно [2, 4].

Вопрос типового проектирования имеет прямое отношение к мелиоративному комплексу с его набором гидротехнических сооружений. Распространяя свое влияние на видовой состав мелиоративных объектов, типовое проектирование может ориентировать строителей и проектировщиков на применение инновационных, типизированных разработок (технологий) и в целом способствовать поднятию общего технического мелиоративного уровня в кратчайшие сроки. Однако изменяющаяся общественно-политическая ситуация не позволяет в полной мере использовать инструменты типового проектирования [1], но требует развития в этом направлении [8]. В этой связи необходимо образование некоего фундамента или установленного порядка по созданию типовой проектной документации (ТПД), отвечающей современным требованиям. Возможность для этого может складываться при условии внесения в систему типового проектирования инновационной составляющей, а именно путем использования инновационных механизмов развития.

Целью исследования является формирование моделей состава и структуры системы типового проектирования мелиоративных объектов в разрезе применения инновационных механизмов развития.

Материалы и методы. В качестве исходных материалов для наполнения элементного состава инновационных механизмов использовались данные отечественных и зарубежных исследований в области применения инновационных механизмов развития [3, 6, 7, 9-12]. Путем теоретического анализа были выделены пять основных видов инновационных механизмов, которые могут являться составными частями системы типового проектирования.

Влияние инновационных механизмов, распространяемых на этапы жизненного цикла ТПД, сопровождается образованием многочисленных функциональных связей между элементами системы. Для разделения системы на составляющие компоненты и последующего описания их свойств и функций в основу работы легли методы системного анализа, синтеза и обобщения.

Результаты и обсуждения. Процесс комплексного формирования системы ТПД на основе инновационных механизмов, начиная от этапа формирования идеи и заканчивая распространением законченного, целостного объекта (проектной документации мелиоративного объекта), должен предусматривать следующий состав элементов, образующих единую систему:

– жизненный цикл, состоящий из:

- а) этапа формирования идеи,
- б) ее финансирования,
- в) научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (НИОКР),
- г) процесса проектирования,
- д) распространения.

– инновационных механизмов развития, подразделяющихся на:

- а) механизм организации,
- б) механизм финансирования и стимулирования,
- в) механизм разработки и внедрения,
- г) механизм технологического трансфера,
- д) механизм управления.

Процедура конвергенции элементов системы типового проектирования должна исходить, прежде всего, из методологической базы инновационных механизмов (рисунок 1), распространяя основные принципы, подходы и способы на каждый этап жизненного цикла проекта. При этом под «проектом» будем понимать совокупность ТПД мелиоративного объекта. Далее рассмотрим функциональную взаимосвязь инновационных механизмов и этапов жизненного цикла проекта в системе ТПД (рисунок 2).

В первую очередь, при взаимодействии инновационных механизмов развития с системой ТПД предлагается отталкиваться от конкретных мелиоративных задач организационно-хозяйственных и технических мероприятий, детерминирующих общую задумку и, в конечном итоге, образующих идею, выступающую начальным этапом на пути создания проекта. Возможен поиск идей путем генерирования новых, критического пересмотра и модификации известных вариантов решений, а также использования работающих частных и общих решений.

Наличие или поиск идеи – «1» в процессе создания проекта – прерогатива работы механизма организации, в свою очередь, на этапе «Идея» следует предусмотреть наличие механизма управления. Использование механизма управления и его методов прогнозирования, планирования, анализа и идентификации инновации – «10», осуществляется с помощью взаимной связи элементов, представляющих собой единое непрерывное эффективное развитие инновационного потенциала.

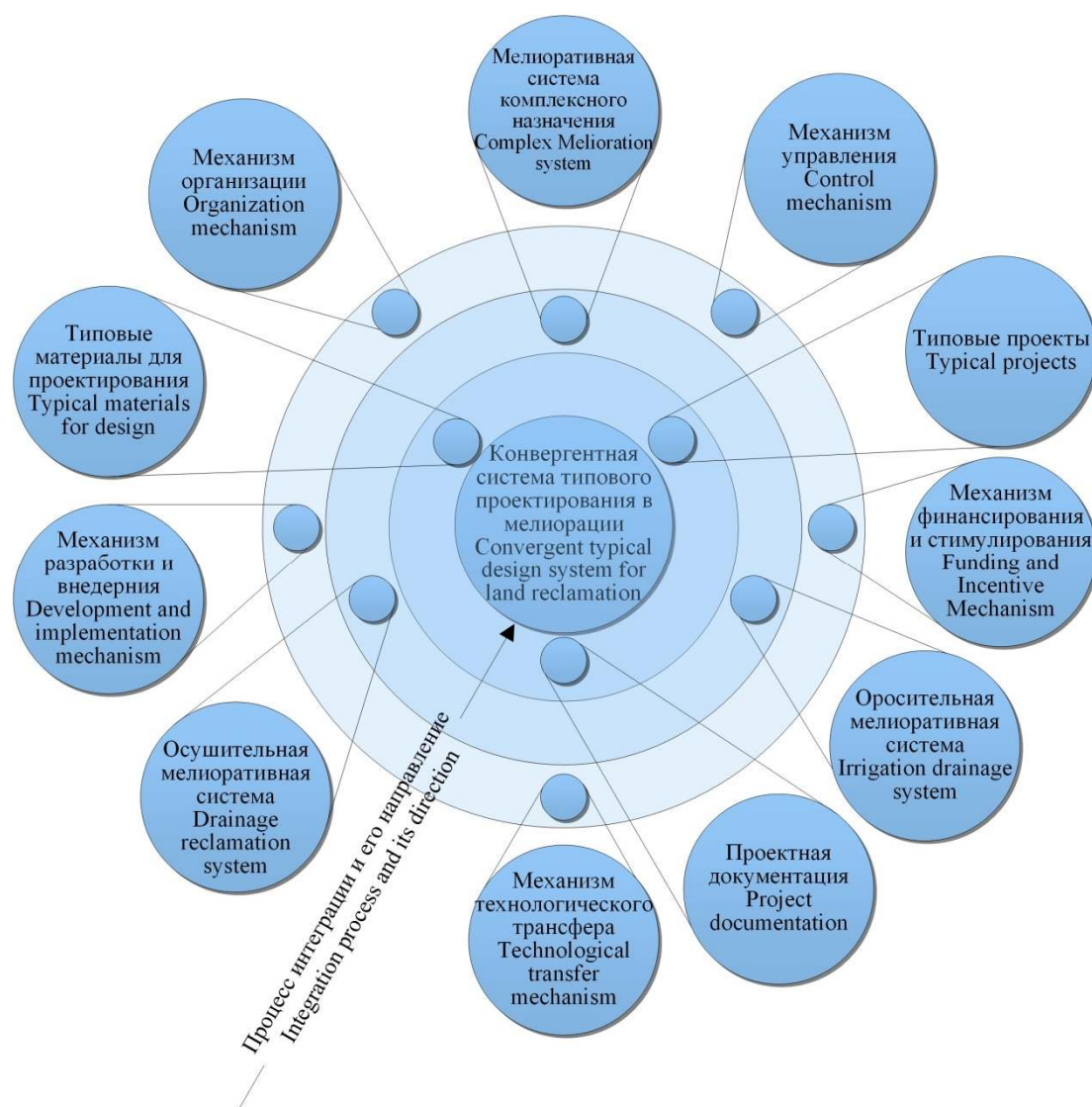


Рисунок 1 – Конвергенция системы типового проектирования в мелиорации на основе инновационных механизмов развития

Figure 1 – Convergence of a typical design system in land improvement based on innovative development mechanisms

Второй шаг жизненного цикла проекта – «Финансирование», функционирующий посредством вложения денежных активов в реализацию сформированной идеи, необходимо привязать к финансовой составляющей. В этом случае следует применять механизм организации (формирующий саму финансовую структуру – «2»), методы прямой и косвенной финансовой поддержки – «3», относящиеся к механизму финансирования и стимулирования, а также механизм управления, задачей которого является экономическое планирование и организация – «11».

Последующий исследовательский и конструктивный этап (с результатом интеллектуальной собственности) – «13», конечным шагом которого должна быть процедура внедрения (апробации) в производство – «14», посредством соответствующего механизма (разработки и внедрения) распадается на 2 отрезка жизненного цикла: «НИР, НИОКР» и «Проектирование». При участии механизмов организации и управления, предполагается создание научно-производственного и конструктивного подразделения –

«7», отдела проектирования – «8», на этой основе проведение модификации инноваций, подбора путей их разработки, внедрения – «12», и, в конечном итоге, выход готовой типовой проектной документации – «4».

Благодаря тесной связи механизмов и последовательности стадий возникает возможность соединения составляющих элементов в одну систему, направленную на выполнение работ по внедрению нового проекта. Функционирование системы обеспечивается за счет результатов фундаментальных исследований и полученных, посредством дальнейших разработок, готовых проектов [5].

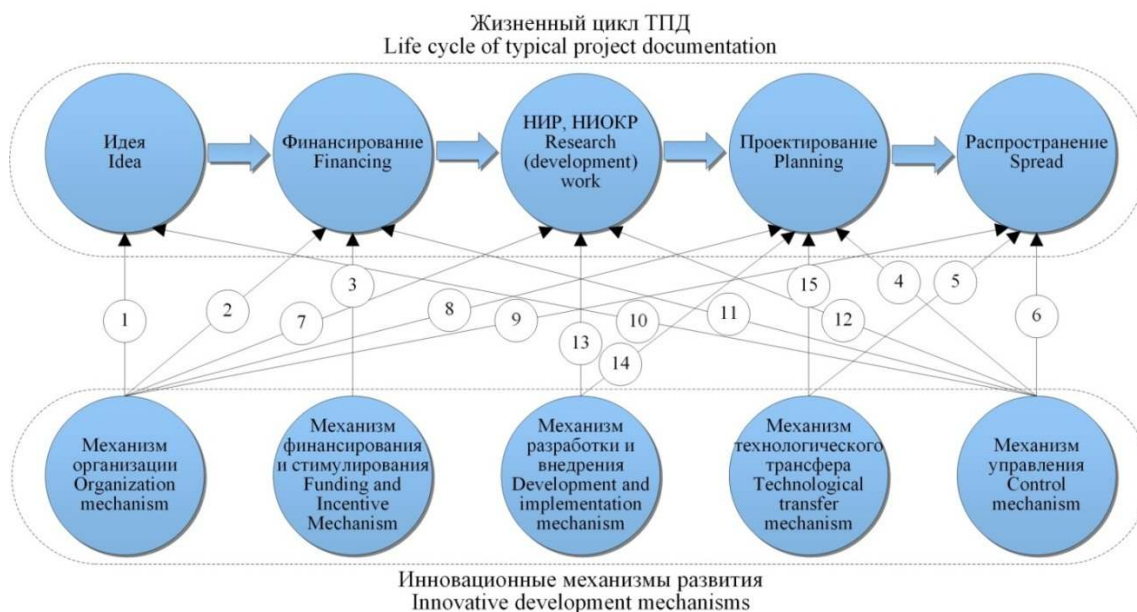


Рисунок 2 – Иновационная система создания типовой проектной документации:

1 – наличие или поиск идеи; 2 – финансовая структура; 3 – прямое и косвенное финансирование и стимулирование; 4 – типовая проектная документация; 5 – маркетинговая система; 6 – контроль и оценка результатов осуществления иновационной программы; 7 – научно-производственное и конструктивное подразделение; 8 – отдел проектирования; 9 – сектор распространения продукции; 10 – прогнозирование, планирование, анализ и идентификация иновации; 11 – экономическое планирование и организация; 12 – модификации иноваций, пути их разработки и внедрения; 13 – научная деятельность и интеллектуальная собственность; 14 – проверка и внедрение (апробация) в производство нового продукта; 15 – технологический пакет

Figure 2 – Innovative system for creating standard project documentation:

1 – presence or search for ideas; 2 – financial structure; 3 – direct and indirect financing and incentives; 4 – typical project documentation; 5 – marketing system; 6 – control and assessment of the implementation of innovative activities programs; 7 – research, production and design department; 8 – design department; 9 – product distribution sector; 10 – forecasting, planning, analysis and evaluation of innovations; 11 – economic planning and organization; 12 – modifications of innovations, ways of development and implementation; 13 – scientific activity and intellectual property; 14 – verification and implementation (approbation) in the production of a new product; 15 – technological package

Прямой связью с этапом «Проектирование» обладает механизм технологического трансфера, по своей сути, распространяя влияние на следующий, заключительный, этап жизненного цикла проекта – «Распространение». На этапе «Проектирование» необходимо обеспечить превращение научно-технической разработки в объект продажи, посредством

создания технологического пакета – «15», являющего альтернативой товара на инновационном рынке. Имея сформированное коммерческое предложение, появляется возможность продвижения инновации (в нашем случае проекта) на рынок и поиск покупателей – маркетинговая система – «5», что составляет этап «Распространение».

Необходимо отметить, что использование механизмов организации и управления следует предусмотреть на всех этапах жизненного цикла проекта, в том числе и на этапах «Проектирование» и «Распространение». Тем самым механизм организации будет выступать инструментом создания структурной единицы конвергентной системы, а механизм управления – последующим способом регулирования протекающих внутри единиц процессов. Что касается заключительной стадии жизненного цикла типового проекта – «Распространение», механизм организации участвует в образовании потребительской сферы (сектора распространения продукции – «9»), а механизм управления сосредотачивается на контроле и оценке результатов осуществления инновационной программы – «6».

Выводы. Возрастающая роль типового проектирования и опора на него как на обязательное условие решения важных задач в области строительства мелиоративных объектов вызывает необходимость образования некой среды для обеспечения комплексного создания и модификации ТПД, каковой может выступать система типового проектирования на основе инновационных механизмов развития. Условием для этого является распространение функций инновационных механизмов на все этапы жизненного цикла ТПД на мелиоративный объект.

Таким образом, система типового проектирования мелиоративных объектов на основе инновационных механизмов развития предполагает включение в ее состав: организационной и управленческой функций, методов прямой и косвенной финансовой поддержки, научно-производственной деятельности и технологического трансфера. Помимо результатов участия инновационных механизмов, разработка ТПД внутри предполагаемой системы, при условии ее автоматизации, будет способствовать более ускоренному накоплению, анализу и упорядоченному хранению базы данных, подводя ее под требования единой классификации (исходя из вида мелиоративного объекта, процесса стандартизации и т. п.).

Библиографический список

1. Бочаров А. Ю., Мамаева О. А., Сердюк М. В. Особенности и проблемы применения типовой проектной документации // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4 (25). С. 5-12.
2. Воеводин О. В., Слабунов В. В. Этапы развития типового проектирования элементов оросительных систем: достоинства и недостатки // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3(35). С. 68-79.
3. Воетина Н. С. Совершенствование направлений инновационного развития Пензенского региона // Региональная экономика и управление. 2016. № 3 (47). <https://eee-region.ru/article/4701>.
4. Жалнина П. С., Билюшова Т. П. Прошлое и будущее типового проектирования // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2018. № 3. С. 31-37.
5. Кириленко А. А., Воеводин О. В., Слабунов В. В. К вопросу формирования автоматизированной системы управления базой данных проектной документации мелиоративных объектов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3 (79). С. 146–149.
6. Кочетков С. В. Инновационное развитие экономики: измерение и механизм запуска // Государственное управление Российской Федерации: вызовы и перспективы: материалы 15-й Международной конф. 2018. С. 170–175.
7. Меркулова Е. Ю., Сысоева М. С. Механизмы функционирования инновационного предприятия в регионе // Социально-экономические явления и процессы. 2013. № 7 (53). С. 99–105.

8. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации в целях введения типового проектирования в Российской Федерации: проект ФЗ от 10 июня 2019 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет. Кодекс Юг, 2020.

9. Пищулина О. С. Инвестиционный механизм развития инновационной деятельности в АПК // Вестник Академии знаний. 2013. № 1 (4). С. 70–73.

10. Цуриков С. В., Свириденко Д. И. Рынок инновационной продукции: тенденции развития, национальные особенности, механизм развития // Сибирская финансовая школа. 2013. № 6 (101). С. 96–105.

11. Rutherford J. J. Technology transfer // IEEE Eng Med Biol Mag. 2010. № 29 (2). P. 12-16.

12. Wandersman A., Chien V. H., Katz J. Toward an evidence-based system for innovation support for implementing innovations with quality: tools, training, technical assistance, and quality assurance/quality improvement // Am J Community Psychol. 2012. № 50 (3–4). P. 445-459.

Conclusions. The growing role of standard design and reliance on it, as a prerequisite for solving important problems in the field of construction of reclamation facilities, necessitates the formation of a certain environment to ensure the complex creation and modification of typical project documentation, which can be a standard design system based on innovative development mechanisms. A condition for this is the extension of the functions of innovative mechanisms to all stages of the typical project documentation life cycle to the reclamation facility.

Thus, the system of typical design of reclamation facilities based on innovative development mechanisms presupposes the inclusion of organizational and managerial functions, methods of direct and indirect financial support, research and production activities, and technological transfer. In addition to the results of the participation of innovative mechanisms, the development of typical project documentation within the proposed system, subject to its automation, will contribute to a more accelerated accumulation, analysis and orderly storage of the database, bringing it under the requirements of a unified classification (based on the type of reclamation facility, standardization process, etc.).

References

1. Bocharov A. Yu., Mamaeva O. A., Serdyuk M. V. Osobennosti i problemy pri-meneniya tipovoj proektnoj dokumentacii // Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2016. № 4 (25). P. 5-12.

2. Voevodin O. V., Slabunov V. V. Etapy razvitiya tipovogo proektirovaniya i elementov orositel'nyh sistem: dostoinstva i nedostatki // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 3(35). P. 68-79.

3. Voetina N. S. Sovershenstvovanie napravlenij innovacionnogo razvitiya Penzenskogo regiona // Regional'naya i ekonomika i upravlenie. 2016. № 3 (47). <https://eee-region.ru/article/4701>.

4. Zhalnina P. S., Bilyushova T. P. Proshloe i budushee tipovogo proektirovaniya // Arhitektura i dizajn: istoriya, teoriya, innovacii. 2018. № 3. P. 31-37.

5. Kirilenko A. A., Voevodin O. V., Slabunov V. V. K voprosu formirovaniya avtomatizirovannoj sistemy upravleniya bazoj dannyh proektnoj dokumentacii meliorativnyh ob'ektov // Puti povysheniya i effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2020. № 3 (79). P. 146-149.

6. Kochetkov S. V. Innovacionnoe razvitie i ekonomiki: izmerenie i mehanizm zapuska // Gosudarstvennoe upravlenie Rossijskoj Federacii: vyzovy i perspektivy: materialy 15-j Mezhdunarodnoj konf. 2018. P. 170-175.

7. Merkulova E. Yu., Sysoeva M. S. Mehanizmy funkcionirovaniya innovacionnogo predpriyatiya v regione // Social'no-i ekonomicheskie yavleniya i processy. 2013. № 7 (53). P. 99-105.

8. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации в целях введения типового проектирования в Российской Федерации: проект ФЗ от 10 июня 2019 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет. Кодекс Юг, 2020.

9. Pischulina O. S. Investicionnyj mehanizm razvitiya innovacionnoj deyatelnosti v APK // Vestnik Akademii znaniy. 2013. № 1 (4). P. 70-73.

10. Curikov S. V., Sviridenko D. I. Rynok innovacionnoj produkcii: tendencii razvitiya, nacional'nye osobennosti, mehanizm razvitiya // Sibirskaya finansovaya shkola. 2013. № 6 (101). S. 96-105.

11. Rutherford J. J. Technology transfer // IEEE Eng Med Biol Mag. 2010. № 29 (2). P. 12-16.

12. Wandersman A., Chien V. H., Katz J. Toward an evidence-based system for innovation support for implementing innovations with quality: tools, training, technical assistance, and quality assurance/quality improvement // Am J Community Psychol. 2012. № 50 (3-4). P. 445-459.

Authors Information

Slabunov Vladimir Viktorovich, kandidat tekhnicheskikh nauk, vedushchij nauchnyj so-trudnik otdela normativno-metodicheskogo obespecheniya – FGBNU «Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problem melioracii» (346421, Rostovskaya oblast', g. Novocherkassk, pr-kt Baklanovskij, 190/1), tel. +7 (989) 626-24-95; ORCID: 0000-0003-0150-5193; e-mail: slabunovvv@mail.ru.

Kirilenko Andrey Andreevich, mladshij nauchnyj sotrudnik otdela normativno-metodicheskogo obespecheniya – FGBNU «Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problem melioracii» (346421, Rostovskaya oblast', g. Novocherkassk, pr-kt Baklanovskij, 190/1), tel. +7 (928) 133-78-65; ORCID: 0000-0003-2868-3774; e-mail: andreykirilenko96@mail.ru.

Voevodin Oleg Vladimirovich, kandidat sel'skohozyajstvennykh nauk, vedushchij nauchnyj sotrudnik otdela normativno-metodicheskogo obespecheniya – FGBNU «Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problem melioracii» (346421, Rostovskaya oblast', g. Novocherkassk, pr-kt Baklanovskij, 190/1), tel. +7 (951) 538-68-45; ORCID: 0000-0003-1098-2979.

Информация об авторах

Слабунов Владимир Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190/1), тел. +7 (989) 626-24-95; ORCID: 0000-0003-0150-5193; e-mail: slabunovvv@mail.ru.

Кириленко Андрей Андреевич, младший научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190/1), тел. +7 (928) 133-78-65; ORCID: 0000-0003-2868-3774; e-mail: andreykirilenko96@mail.ru.

Воеводин Олег Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190/1), тел. +7 (951) 538-68-45; ORCID: 0000-0003-1098-2979.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-48

SIMULATION OF THE OPERATION OF A SPRING WORKING PART OF STRIGELNY HARROW BASED ON OPTIMIZATION OF TRANSVERSE VIBRATION ZONES

A.N. Chernyavsky, I.B. Borisenko, K.E. Tokarev

¹Volgograd State Agrarian University

Received 05.04.2021

Submitted 09.06.2021

Acknowledgments: *The research was conducted as a part of the grant of the President of the Russian Federation MK-592.2020.11.*

Abstract

Introduction. The article discusses the modeling of the operation of the spring working part of the harrow based on the optimization of the zone of lateral vibrations. The studies carried out have shown that the efforts at which the stalks of winter wheat were cut off when pulling it out of the soil and the efforts when pulling a plant out of the soil at different indicators of moisture and plant development are different. **Object.** A spring tooth, in which the working part has a radius of curvature of 60 mm. **Materials and methods.** According to the model of the process of removing weed seedlings, the spring working part must cope with the resistance, excluding longitudinal bending, when it encounters a significant obstacle, it deflects to

the side or rises. To reduce the damage to the cultivated crop when deepening the working part with a radius of curvature of 60 mm, the instability in the transverse plane will be reduced due to the larger area of contact of the tooth with the soil. **Results and conclusions.** The result of studies to optimize the zone of lateral vibrations was a change in the geometric shape of the working part, which made it possible to reduce the damage to crops during cultivation and to increase bio-productivity.

Key words: *spring tooth, strigelnny harrow, radius of curvature, design parameters, forced vibrations.*

Citation. Chernyavsky A.N., Borisenko I.B., Tokarev K.E. Simulation of the operation of a spring working part of strigelnny harrow based on optimization of transverse vibration zones. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 482-489 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-48.

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 631.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПРУЖИННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ШТРИГЕЛЬНОЙ БОРОНЫ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЗОНЫ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ

А. Н. Чернявский, старший преподаватель

И. Б. Борисенко, доктор технических наук, старший научный сотрудник

К. Е. Токарев, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 05.04.2021

Дата принятия 09.06.2021

*Исследование проводилось в рамках гранта Президента Российской Федерации
МК - 592.2020.11*

Актуальность. В статье рассматривается моделирование работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний. Проведенные исследования показали, что усилия, при которых происходило обрывание стеблей озимой пшеницы при выдергивании ее из почвы и усилия при выдергивании растения из почвы при различных показателях влажности и развитости растения, различны. **Объект.** Пружинный зуб, у которого рабочая часть имеет радиус кривизны 60 мм. **Материалы и методы.** Согласно модели процесса удаления всходов сорных растений, пружинный рабочий орган должен справляться с сопротивлением исключая продольный изгиб, при встрече значительного препятствия отклоняется в сторону или приподнимается. Для уменьшения повреждаемости возделываемой культуры при заглублении рабочего органа, имеющего радиус кривизны 60 мм, неустойчивость в поперечной плоскости будет уменьшена за счет большей площади соприкосновения зуба с почвой. **Результаты и выводы.** Результатом исследований по оптимизации зоны поперечных колебаний явилось изменение геометрической формы рабочего органа, что позволило уменьшить повреждаемость культур при возделывании и повысить биопродуктивность.

Ключевые слова: *пружинный зуб, штригельные бороны, радиус кривизны, конструктивные параметры бороны, вынужденные колебания.*

Цитирование. Чернявский А. Н., Борисенко И. Б., Токарев К. Е. Моделирование работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний. *Известия НВ АУК.* 2021. 2(62). 482-489. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-48.

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. По данным различных исследований [1, 2, 3, 4], бороны с пружинными зубьями являются наиболее оптимальными для обработки всходов, а также сохранения стерни. Так, во время эксплуатации штригельной бороны возделываемые культуры извлекают из почвы больше влаги.

Дополнительным положительным результатом использования бороновальных агрегатов с пружинными рабочими органами является тенденция снижения затрат на средства для химической прополки [5]. Механические средства уничтожения сорных растений, в том числе использование штригельной бороны, является более перспективным в целях экономии средств [6]. Перспективным направлением повышения продуктивности сельскохозяйственного производства является исследование проблем влияния боронования на урожайность возделываемых культур [7, 8].

Недостатком борон с пружинными рабочими органами является повышенная повреждаемость озимых культур. Такая повреждаемость появляется при весеннем бороновании в результате появляющихся значительных колебаний [9]. Они возникают в нижней части рабочего органа в поперечной области.

Материалы и методы.

В ходе исследования получены данные, помогающие решить вопрос создания формы пружинного зуба, уменьшающей повреждаемость возделываемой культуры, а также решить проблему повышения технологической эффективности работы штригельной бороны для весеннего закрытия влаги и после всходовой обработки путем конструктивного обоснования параметров [10].

Схема сил, действующих на пружинный зуб в почве, представлена на рисунке 1.

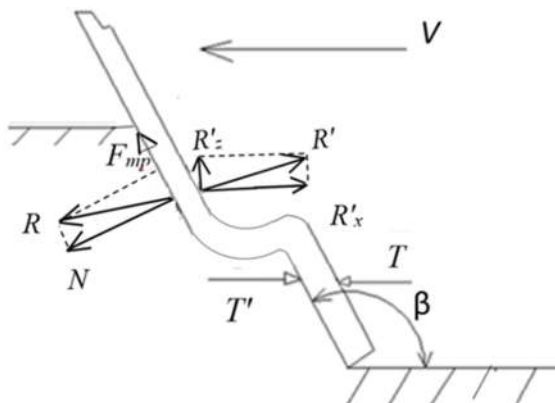


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на пружинный зуб

Figure 1 – Diagram of the forces acting on the spring tooth

В ходе экспериментальных исследований были получены результаты, которые показали усилия, при которых происходило обрывание стеблей озимой пшеницы при выдергивании ее из почвы (таблица 1) и выдергивании самого растения из почвы (таблица 2), учитывающие степень развития ростка озимой пшеницы и влажность почвы.

Таблица 1 – Прикладываемые усилия для обрывания стеблей при выдергивании озимой пшеницы, Н

Table 1 – Applied efforts to break off the stems, when pulling out winter wheat, N

Степень развития ростка / the degree of development of the sprout	Влажность почвы, % / Soil moisture content, %		
	12,8	14,28	16,02
Прикладываемые усилия, Н / N			
Слабые / Weak ones	3,3	2,8	2,5
Средние / Medium	14,6	14,5	14,1
Сильные / Strong ones	31,8	31,7	31,3

По полученным данным построена диаграмма зависимостей прикладываемых усилий для обрывания стеблей при выдергивании озимой пшеницы (рисунок 2).

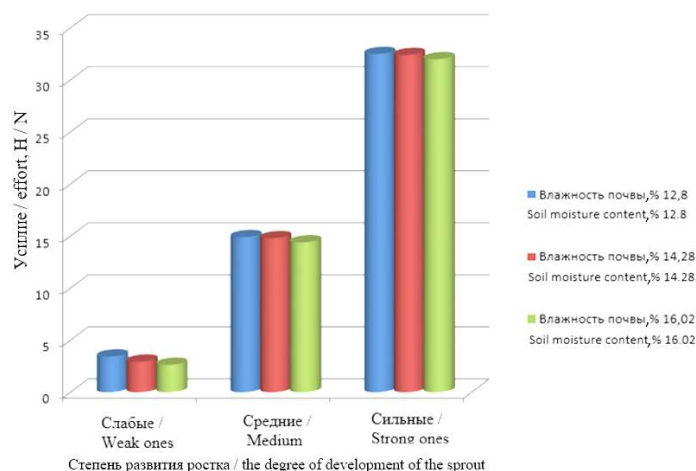


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости, прикладываемых усилий для отрывания стеблей при выдергивании озимой пшеницы

Figure 2 – Diagram of the dependence of the effort applied to tear off the stems when pulling winter wheat

Таблица 2 – Прикладываемые усилия при выдергивании озимой пшеницы из почвы, Н

Table 2 – Applied forces when pulling winter wheat from the soil, N

Степень развития ростка / the degree of development of the sprout	Влажность почвы, % / Soil moisture content, %		
	12,8	14,28	16,02
Прикладываемые усилия, Н / N			
Слабые / Weak ones	43	42,7	42,2
Средние / Medium	78,6	78,7	78,3
Сильные / Strong ones	112,4	111,4	111,5

По результатам исследований зависимости прикладываемых усилий при выдергивании озимой пшеницы из почвы при определенной влажности и развитости возделываемой культуры была построена диаграмма (рисунок 3).

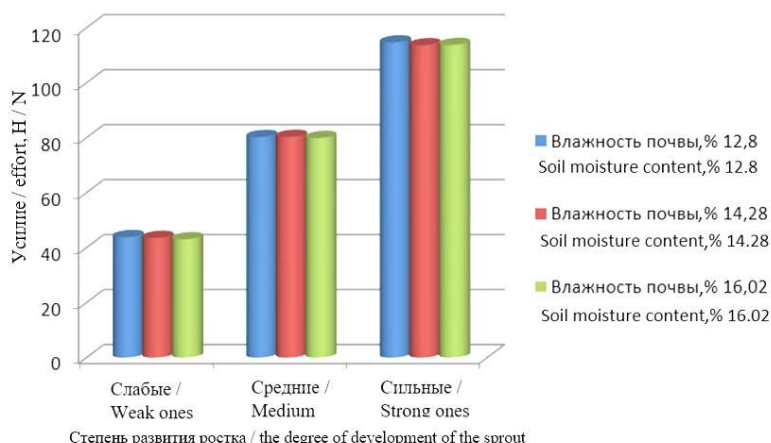


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости прикладываемых усилий при выдергивании озимой пшеницы из почвы

Figure 3 – Diagram of the dependence of the applied forces when pulling winter wheat from the soil

Таким образом, согласно полученным экспериментальным исследованиям, значительный объем сорных растений уничтожается при усилии до 30 Н, что относительно обрывания стеблей озимой пшеницы в 32 раза меньше, а усилия выдергивания озимой пшеницы – в 115 раз меньше. Согласно модели процесса удаления всходов сорных растений, пружинный рабочий орган должен справляться с сопротивлением исключая продольный изгиб, при встрече значительного препятствия (росток пшеницы) отклоняется в сторону или приподнимается.

Результаты и обсуждение.

В ходе исследования проведено экспериментальное моделирование работы рабочего органа (пружинного зуба), который состоит из стержневой, монтажной (выполненной с наклоном вперед) и рабочей части (изогнутой в продольно-вертикальной плоскости по радиусу). Недостатками известных технических решений [1, 2, 3, 4] являются повышенные энергетические затраты при весеннем бороновании из-за повышенных колебаний рабочей части в поперечно-продольной плоскости относительно экспериментального зуба.

Решением поставленной задачи является уменьшение зоны поперечных колебаний в нижней части рабочего органа, где находится поперечная плоскость (патент РФ № 2455810). Такое требование применимо для условий эксплуатации в процессе резания при деформации почвы.

Предлагается изготовление рабочей части, изогнутой по радиусу с режущей гранью, изготовление изогнутой по радиусу рабочей части с режущей гранью в продольно-вертикальной плоскости, а также прохождение режущей грани через осевую линию зуба.

На рисунке 4 представлен экспериментальный пружинный зуб бороны.

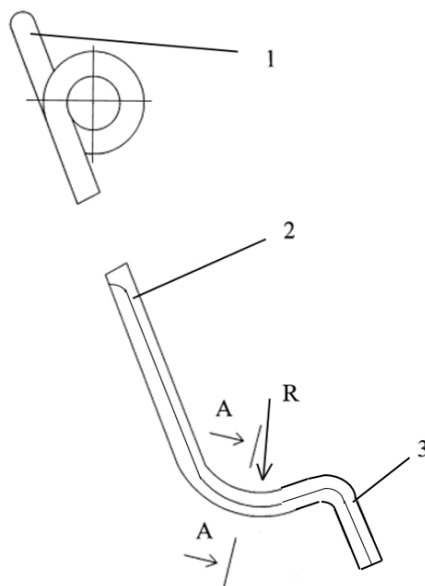


Рисунок 4 – Пружинный зуб бороны (1 – монтажная часть; 2 – стержневая часть; 3 – рабочая часть)

Figure 4 – Spring tooth of the harrow (1-mounting part; 2-rod part; 3-working part)

Рабочая часть зуба имеет радиус кривизны 60 мм и режущую грань (рисунок 5). Режущая грань находится в продольно-вертикальной плоскости (патент РФ № 2561533). Продольно-вертикальная плоскость проходит через осевую грань зуба.

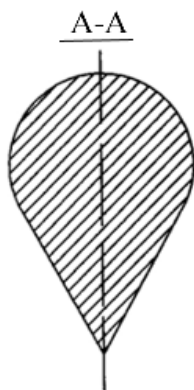


Рисунок 5 – Режущая грань (сечение A-A)

Figure 5 – Cutting edge (section A-A)

Согласно агротехническим требованиям к боронованию (СТО АИСТ 10 4.6-2003), зубовые бороны, как правило, подвержены забиванию сорной растительностью и нарушению целостности при наезде на камни. Рабочие органы пружинных борон при колебаниях в продольной оси снижают забиваемость, но могут иметь значительные колебания в поперечной плоскости, что влечет за собой большую травмированность культурных растений при повсходовом бороновании. Имея подобные последствия, прослеживаемые в работе этих борон, можно предложить решение проблемы, используя экспериментальный рабочий орган: пружинный зуб штригельной бороны, у которого имеется радиус кривизны 60 мм, находящийся в продольно-вертикальной плоскости.

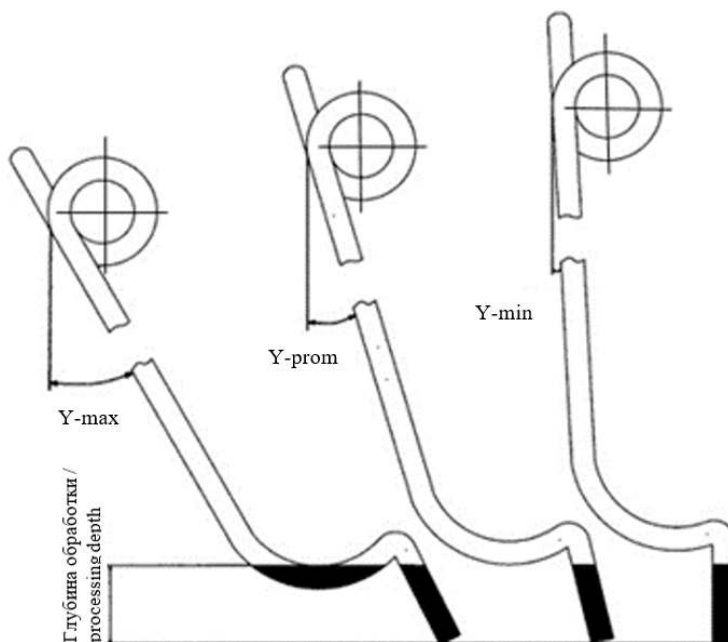


Рисунок 6 – Крайние и промежуточные положения зуба штригельной бороны

Figure 6 – Extreme and intermediate positions of the tooth of the strigely harrow

Рабочая часть с радиусом кривизны 60 мм сконструирована с острой гранью. Эта грань находится в продольно-вертикальной оси и проходит по всей линии зуба.

При эксплуатации пружинной бороны предварительно устанавливается необходимый угол наклона зуба. Глубина обработки регулируется с помощью опорных колес.

Пружинный зуб бороны может применяться как самостоятельный рабочий орган орудия, а также являться составным элементом в комбинированных агрегатах. Результатом применения экспериментального пружинного зуба штригельной бороны является улучшение эксплуатационно-энергетических показателей МТА.

Выводы. В ходе проведенных экспериментальных исследований по моделированию работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний получены следующие результаты: определены усилия, при которых происходило обрывание стеблей озимой пшеницы при выдергивании ее из почвы для различных показаний влажности почвы и развитости растений, а также усилия выдергивания самого растения из почвы при различных показаниях влажности почвы и развитости растений. Исходя из моделирования работы пружинного рабочего органа при избирательном удалении ростков различных растений, пружинному зубу необходимо сгибаться и огибать препятствие. При определении степени изгиба зуба важным является радиус кривизны. Очевидно, что в целях минимизации травмированности возделываемой культуры радиус кривизны зуба при отклонении в поперечной плоскости рекомендуется брать до 60 мм.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Цепляев А. Н., Плескачев Ю. Н. Технология основной обработки почвы и оборудование для ее выполнения // Научная жизнь. 2016. № 2. С. 65-74.
2. Влияние движителей машинно-тракторных агрегатов на опорное основание / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, В. В. Колесник, И. В. Божко // Научная жизнь. 2018. № 10. С. 32-40.
3. Камбулов С. И., Рыков В. Б., Камбулов И. А. Исследования влагообеспеченности обрабатываемого слоя почвы // Научная жизнь. 2017. № 8. С. 15-21.
4. Несмиян А.Ю., Кувшинова Е.К. Потребительские характеристики орудий для рыхления почвы и заделки стерни // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 4. С. 5-10.
5. Сергунцов А. С. Боронование посевов с одновременной подкормкой // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 172-175.
6. Трубилин Е. И., Белоусов С. В., Лепшина А. И. Основная обработка почвы с оборотом пласта в современных условиях работы и устройства для ее осуществления // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2019. № 104. С. 1902-1922.
7. Трубилин Е. И., Дробот В. А. Повышение качества мелкой обработки почвы горизонтально расположенными дисковыми рабочими органами // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2016. № 118. С. 75-86.
8. Трубилин Е. И., Абаев В. В., Маслов Г. Г. Стратегические направления уборки зерновых колосовых на Кубани // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2011. № 70. С. 203-213.
9. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate / K. E. Tokarev // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 488(1). www.scopus.com
10. The optimum geometrical form modeling of the "Striegel" type harrow / A. S. Ovchinnikov [et al.] // V. I. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. No 23. P. 9138-9144.

Conclusions. In the course of experimental studies on modeling the operation of the spring working body of a strigely harrow based on the optimization of the transverse vibration zone, the following results were obtained: the forces at which the stems of winter wheat were torn off when pulling it out of the soil for different indications of soil moisture and plant development, as well as the forces of pulling the plant itself out of the soil, for different indications of soil moisture and plant development, were determined. Based on the simulation of the operation of the spring working organ during the selective removal of sprouts of various plants, the spring tooth must bend and bend around the obstacle. When determining the de-

gree of bending of the tooth, the radius of curvature is important. It is obvious that in order to minimize the injury of the cultivated crop, the radius of curvature of the tooth with a deviation in the transverse plane is recommended to take up to 60 mm.

References

1. Borisenko I. B., Tseplyaev A. N., Pleskachev Yu. N. Technology of basic tillage and equipment for its implementation // Scientific life. 2016. No. 2. P. 65-74.
2. Influence of movers of machine-tractor units on the support base / S. I. Kambulov, V. B. Rykov, V. V. Kolesnik, I. V. Bozhko // Scientific life. 2018. No. 10. P. 32-40.
3. Kambulov S. I., Rykov V. B., Kambulov I. A. Studies of the moisture supply of the treated soil layer // Scientific life. 2017. No. 8. P. 15-21.
4. Nesmian A. Yu., Kuvshinova E. K. Consumer characteristics of tools for loosening the soil and sealing stubble // Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2018. No. 4. P. 5-10.
5. Serguntsov A. S. Harrowing of crops with simultaneous top dressing // Izvestiya Orenburg state Agrarian University. 2018. No. 4 (72). P. 172-175.
6. Trubilin E. I., Belousov S. V., Lepshina A. I. Basic soil treatment with reservoir turnover in modern working conditions and devices for its implementation // Polythematic network electronic scientific journal of KubGAU. 2019. № 104. P. 1902-1922.
7. Trubilin E. I., Drobot V. A. Improving the quality of shallow tillage with horizontally arranged disk working bodies // Polythematic network electronic scientific journal of KubGAU. 2016. No. 118. P. 75-86.
8. Trubilin E. I. Abaev V. V., Maslov G. G. Strategic direction of the grain harvest of grains in the Kuban // Polythematic network electronic scientific journal of Kubsau. 2011. No. 70. P. 203-213.
9. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate / K. E. Tokarev // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 488(1). www.scopus.com
10. The optimum geometrical form modeling of the "Striegel" type harrow / A. S. Ovchinnikov [et al.] // V. I. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. No 23. P. 9138-9144.

Author information:

Chernyavsky Alexey Nikolaevich, Senior Lecturer of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises", Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), tel. 8 (8442) 41-11-27, e-mail: alexei.tcherniawskij@yandex.ru.

Borisenko Ivan Borisovich, Chief Researcher, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Honored Inventor of the Russian Federation, tel. 8 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru.

Tokarev Kirill Evgenievich, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: tke.vgsha@mail.ru.

Информация об авторах

Чернявский Алексей Николаевич, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-11-27, e-mail: alexei.tcherniawskij@yandex.ru.

Борисенко Иван Борисович, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор технических наук, Заслуженный изобретатель РФ, тел. 8 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru.

Токарев Кирилл Евгеньевич, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: tke.vgsha@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Кружилин И. П., Никольская О.А.

Эффективность минеральных подкормок вегетирующих орошаемых саженцев черешни

Kruzhilin I. P., Nikolskaya O.A.

The effectiveness of mineral feeding of vegetating irrigated cherry seedlings..... 14

Антонов В.А., Кимсанбаев О.Х., Подковыров И.Ю., Приходько С.А., Шаронов Д.С.

Результаты молекулярно-генетических исследований селекционного материала хлопчатника нового поколения.

Antonov V.A., Kimsanbaev O.Kh., Podkovyrov I.Yu., Prikhodko S.A., Sharonov D.S.

Results of molecular-genetic studies of the breeding material of the new generation cotton.. 22

Ахмедов А.Д., Абдуова Р.Ю.

Продуктивность использования влаги белокачанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье

Akhmedov A. D., Abduova R. Yu.

Productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluve..... 32

Дронова Т. Н., Бурцева Н.И., Двойникова О.И., Земцова И. П., Земляницына С. В.

Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав

Dronova T. N., Burtseva N. I., Dvoynikova O. I., Zemtsova I. P., Zemlyanitsyna S. V.

Efficiency of the use of biopreparations in the cultivation of perennial legume herbs..... 41

Зеленев А. В., Чамурлиев О. Г., Смутнев П. А.

Донник двулетний как улучшитель плодородия почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья

Zelenev A. V., Chamurliiev O. G., Smutnev P. A.

«Melilot biennial» as an improver of soil fertility in the dry-steppe zone of the Lower Volga region..... 50

Иванов В.М., Кубарева А.В., Мищенко Е.В., Воронцова Е.С.

Технология полосовой обработки почвы под кукурузу на зерно в черноземно-степной зоне Волгоградской области

Ivanov V.M., Kubareva A.V., Mishchenko E.V., Vorontsova E.S.

Technology of strip processing of soil under corn for grain in the chernozem-steppe zone of the Volgograd region..... 64

Кузыченко Ю.А., Гаджиумаров Р.Г. Джандаров А.Н.

Полосная система обработки почвы под кукурузу на зерно в зоне Центрального Предкавказья

Kuzychenko Yu.A., Gadzhiumarov R.G., Dzhandarov A.N.

Strip-tilling system for corn for grain in the zone of Central Caucasus..... 71

Павленко В.Н., Фомин С.Д., Лавров В.Г., Юшкин Д.А.

Зависимость зерна кукурузы от минеральных удобрений на черноземах Волгоградской области

Pavlenko V.N., Fomin S. D., Lavrov Y.G., Yushkin D.A.

Dependence of corn grain on mineral fertilizers in the chernozems of the Volgograd region..... 78

Толоконников В. В., Кошкарова Т. С., Чамурлиев Г.О., Иленева С.В., Набойченко К.В. Создание высокопродуктивного сорта сои классическими методами селекции. Tolokonnikov V.V., Koshkarova T. S., Chamurliiev G.O., Ileneva S.V., Naboychenko K.V. Creation of a highly productive variety of soybean by classical breeding methods.....	87
Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Использование комплексных биопрепаратов при возделывании бахчевых культур на орошаемых землях Северного Прикаспия Tutuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. The use of complex biopreparations in cultivation of melons on the irrigated lands of the Northern Caspian lands.....	93
Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Влияние погодных условий и применения агрохимикатов на осеннее развитие и урожайность озимой пшеницы на черноземах Волгоградской области. Churzin V. N., Dubovchenko D. O. The influence of weather conditions and the use of agrochemicals on the autumn development and yield of winter wheat in the chernozems of the Volgograd region.....	102
Зеленев А. В. Маркова И. Н. Перспективные сорта яровой мягкой пшеницы камышинской селекции. Zelenev A. V., Markova I. N. Promising varieties of spring soft wheat of kamyshinsky selection.....	109
Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Влияние внекорневого питания ростостимулирующими препаратами на урожайность и качество овощных культур Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Influence of foliar nutrition with growth-stimulating drugs on the yield and quality of vegetable crops.....	119
Гринь В.Г., Овчинников А.С., Шишкин А. С., Пахомов А.А. Инновационные технологии при выращивании риса Grin V. G., Ovchinnikov A.S., Shishkin A. S., Pahomov A.A. Innovative technologies in rice cultivation.....	131
Зайцева Н.А., Ячmeneва Е.В., Климова И.И., Дьяков А.С. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях Zaitseva N. A., Yachmeneva E.V., Klimova I.I., Dyakov A.S. Productivity of saflor « <i>Cárthamus tinctoríus</i> » in various moisture security conditions.....	143
Комаров Е.В., Комарова О.П. Создание сети экологических резерватов как одно из направлений повышения биоразнообразия энтомофауны. Komarov E. V., Komarova O. P. Establishment of a network of ecological reserves as a way of enhancing the biodiversity of entomofauna.....	151
Лаптина Ю.А., Гиченкова О.Г., Куликова Н.А., Журбенко А.К. Снижение фитотоксичного действия гербицидов на посевы озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области Laptina Y.A., Gichenkova O.G., Kulikova N.A., Zhurbenko A.K. Reducing the phytotoxic effect of herbicides on winter wheat crops in the conditions of light chestnut soils of the Volgograd region.....	159

Родин К. А., Воронцова Е. С. Снижение водной нагрузки на рисовый агроценоз при капельном орошении Rodin K.A., Vorontsova E.S. Reduction of water load on rice agrocenosis during drip irrigation.....	169
Саенко Г. М., Мустафина М. А. Фитосанитарное обследование сои в Центральном Черноземье Saenko G. M., Mustaphina M. A. Phytosanitary survey of soybean in the Central Chernozem region.....	175
Сурхаев И.Г., Сурхаева Г.М., Рыбашлыкова Л.П. Закономерности порослевого лесовосстановления защитных древостоев робинии псевдоакации на терско-кумских песках Surkhaev I.G., Surkhaeva G.M., Rybashlykova L.P. Regularities of overgrowth reforestation of protective stands of robinia pseudoacacia on the tersko-kum sands.....	185
Узолин А.И., Воронина В.П., Кулик А.В. Биоэкологический потенциал озимой пшеницы сорта Капитан в осенне-зимний период при выращивании на склоновых землях в агролесоландшафтах Среднего Дона Uzolin A.I., Voronina V.P., Kulik A.V. Bioecological potential of winter wheat variety «Capitan» during the autumn-winter period when growing on slop lands in agroforest landscapes of the Middle Don.....	196
Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Есаулко А.Н., Бородыхев В.В., Вайцеховская С.С. Агрохимическая и экономическая оценка применения минеральных удобрений и ризоторфина на сортах сои различных групп спелости в условиях орошения Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Yesaulko A. N., Borodychev V. V., Vaitsekhovskaya S. S. Agrochemical and economic assessment of the use mineral fertilizerz application and rizotorfin on the soybean varieties of different ripeness groups under irrigation conditions	209
Варивода Е.А., Колебошина Т.Г., Фомин С.Д., Масленникова Е.С. Оценка и отбор коллекционных образцов арбуза для использования в селекционном процессе Varivoda E.A., Kaleboshina T.G., Fomin S. D., Maslennikova E.S. Evaluation and selection of collection samples of watermelon for use in the breeding process.....	222
Куприянова С. В., Мелихова Е.В. Влияние вариативности почвенно-климатических условий на устойчивость про- дуктивности сельскохозяйственных земель Kupriyanova S.V., Melikhova E.V. Influence of the variability of soil and climatic conditions on the sustainability of agricultural lands productivity.....	231
Маслова Г.Я., Шарапов И.И., Шарапова Ю.А. Урожайность и элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания в условиях Самарской области. Maslova G. Ya., Sharapov I. I., Sharapova Yu.A. Yield and yield structure elements of winter wheat varieties of competitive variety testing in the Samara region.....	240

- Синицына Е. В., Глебов В. Э., Федосеев Н. З., Кулакова Н. И.**
Разработка феромонного препарата для мониторинга золотистой двухпятнистой совки *Chrysodeixis Chalcites*.
Sinityna E. V., Glebov V. E., Fedoseev N. Z., Kulakova N.I.
Study of synthetic pheromones for monitoring of the golden twin-spot moth chrysodeixis chalcites..... 246

- Лаптина Ю. А., Плескачев Ю. Н., Гиченкова О. Г.**
Оптимизация параметров возделывания суданской травы в условиях Нижнего Поволжья
Laptina Yu. A., Pleskachev Yu. N., Gichenkova O. G.
Optimization of parameters of cultivation of Sudan grass in the conditions of the Lower Volga region..... 260

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИКА / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

- Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Серова О. П., Божкова С. Е.,
Воронцова Е. С., Сербова Т. В.**
Оптимизация технологических факторов при производстве сухого сыра.
**Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Serova O.P., Bozhkova S.E.,
Vorontsova E.S., Serbova T.V.**
Optimization of technological factors in the production of dry cheese..... 271

- Шкаленко В.В., Карапетян А.К., Букаева Ю.Г., Баксарова А.А.**
Зоотехнические показатели сельскохозяйственной птицы при использовании биологически активной добавки
Shkalenko V. V., Karapetyan A. K., Bukaeva Yu.G., Baksarova A.A.
Zootechnical indicators of agricultural birds when using a biologically active additive..... 283

- Храмова В. Н., Пименова А. М., Храмова Я. И., Божкова С. Е.**
Хлеб колбасный функциональной направленности в питании спортсменов.
Khramova V. N., Pimenova A. M., Khramova Ya. I., Bozhkova S. E.
Functional sausage bread in the nutrition of athletes..... 289

- Шкаленко В.В., Карапетян А.К., Баксарова А.А., Букаева Ю.Г.**
Эффективность использования кормовой добавки в рецептуре комбикормов для сельскохозяйственной птицы.
Shkalenko V. V., Karapetyan A. K., Baksarova A.A., Bukaeva Yu.G.
The effectiveness of the use of feed additives in the formulation of compound feeds for poultry..... 298

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/ TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

- Дубенок Н.Н., Майер А.В.**
Агротехническая операция культивации в сочетании с щелеванием.
Dubenok N.N., Mayer A.V.
Agrotechnical cultivation operation in combination with slitching..... 306

- Бородычев В. В., Лытов М. Н.**
Алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики
Borodychiev V. V., Lytov M. N.
Algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis using the method of morphological combinatory..... 314

- Овчинников А.С., Бочарников В.С., Бочарникова О.В.,
Пустовалов Е.В., Денисова М.А.,**
Анализ эффективности работы фильтрующих загрузок при обезжелезивании воды из подземных водоисточников для систем капельного орошения.
**Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Bocharnikova O.V.,
Pustovalov E.V., Denisova M.A.**
Analysis of the efficiency of filter loads for deferrization of water from underground water sources for drip irrigation systems..... 330
- Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И.**
Качественные показатели опрыскивания при применении способа полосовой химической обработки подсолнечника.
Borisenko I.B., Meznikova M. V., Ulybina E. I.
Qualitative indicators of spraying when using the method of strip chemical treatment of sunflower 338
- Гапич Д.С., Моторин В.А., Олейников Р.Н.**
Теоретико-экспериментальный способ прогнозирования износа долот чизеля.
Gapich D.S., Motorin V. A., Oleinikov R.N.
Theoretical and experimental method for prediction wear of chisel bits..... 347
- Иванцова Е.А., Комарова И.А.**
Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов
Ivantsova E.A., Komarova I.A.
Use of geoinformation technologies and satellite images for analysis of agrolandscapes..... 357
- Кочеткова О. В., Подковыров И.Ю., Гончаров И.Ю.**
Онтологический инжиниринг в области селекции хлопчатника
Kochetkova O. V., Podkovyurov I.Y., Goncharov I.Y.
Ontological engineering in the field of cotton breeding..... 366
- Петров Н.Ю., Аксенов М.П., Ханин Ю.И., Волобуев С.В., Ивушкин Д.С.**
Режимы и параметры комплексной предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле и регулятором роста Зеребра агро
Petrov N.Y., Aksenov M.P., Hanin Y.I., Volobuev S. V., Ivushkin D. S.
Modes and parameters of complex pre-sowing treatment of sunflower seeds in an electric field and by the growth regulator «Zerebra agro»..... 379
- Рогачев А.Ф., Мелихова Е.В.**
Система компьютерного моделирования и интеллектуального управления программируемым аграрным производством на основе ретроспективных данных
Rogachev A. F., Melikhova E.V.
The system of computer modeling and intellectual management of programmable agricultural production based on retrospective data..... 390
- Ряднов А. И., Федорова О. А., Бариль В. А.**
Выбор способа движения соргоуборочного комбайна при уборке веничного сорго
Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Baril V.A.
Selection of the method of movement of the sorghum combine when harvesting the broom sorghum..... 403
- Семененко С.Я., Морозова Н.В., Марченко С.С., Колобанова Н.А.**
Антропогенная нагрузка на реку сухая мечётка в границах города Волгограда
Semenenko S. Ya., Morozova N. V., Marchenko S. S., Kolobanova N. A.
Anthropogenic load on the sukhaya mechetka river within the city limits of Volgograd..... 416

Фадеев И. В., Успенский И. А., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В. Глицероборатное моюще-пассивирующее средство для ремонтного производства автотракторной техники Fadeev I. V., Uspensky I. A., Pestryaeva L. Sh., Sadatdinov Sh. V. Glyceroborate detergent-passivating agent for repair production of automotive technology.....	431
Шапров М.Н., Седов А.В., Седова О.П., Гурба А.В. Обоснование взаимодействия плодов бахчевых культур с лопастью уборочного ротора Shaprov M. N., Sedov A. V., Sedova O. P., Gurba A. V. Rationale for the interaction of the fruit of melons with a blade harvesting rotor.....	442
Юдаев И.В., Эвиев В.А., Беляева Б.И., Кокурин Р.Г. Исследовательский комплекс для изучения влияния высоковольтных электроимпульсных воздействий на личинки саранчовых насекомых Yudaev I.V., Eviev V.A., Belyaeva B.I., Kokurin R.G. Research complex for studying the influence of high-voltage of electric impulse effects on larvae of locust insects.....	454
Юфереv В. Г., Ткаченко Н. А. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья Yuferev V.G., Tkachenko N.A. Dynamics of precipitation and temperature in the summer period on the territory of the Volgograd Trans-Volga region.....	467
Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V. Functional relationship of innovative development mechanisms with the system of standard design documentation of reclamation facilities.....	475
Чернявский А. Н., Борисенко И. Б., Токарев К. Е. Моделирование работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний. Chernyavsky A.N., Borisenko I.B., Tokarev K.E. Simulation of the operation of a spring working part of strigelny harrow based on optimization of transverse vibration zones.....	482
Содержание	490

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2021

**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) (izvestplag@mail.ru).

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 2021

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, 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**

№ 2(62), 2021

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (62), 2021**

Ответственный редактор *Т. В. Черкашина*

Технический редактор *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка *А. В. Харлашина*

Перевод *Е. А. Сидоровой*

Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-48601 выдано 14.02.2012

Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 2006 г. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Дата выхода 30.06.2021.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 272.

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 № 2 (62), 2021**

Executive editor *T. V. Tcherkashina*

Technical editor *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing *A. V. Kharlashin*

Translation *E. A. Sidorova*

Registration certificate: PI series No. FS77-48601 issued on 14.02.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 30.06.2021.

Edition 1000 (first factory 100). Order 272.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price