

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2 (58), 2020

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
2020

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 2 (58), 2020

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
2020

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 2 (58), 2020

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**

№ 2 (58), 2020

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

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 2 (58), 2020

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 – *Овчинников А.С.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, **академик РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», научный руководитель Волгоградского ГАУ.

Заместители главного редактора:

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации Волгоградского ГАУ;

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского ГАУ

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 2 (58), 2020

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**

Chief editor – *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, the Chairman of editorial board, the Chairman of regional fund «Agrarian university complex», the supervisor of the Volgograd State Agrarian University.

Deputy chief editor:

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University;

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems of the Volgograd State Agrarian University

Международный редакционный совет научного журнала

Главный редактор – *Овчинников А.С.*, д.с.-х.н., профессор, **академик РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», научный руководитель Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

Заместитель главного редактора –

Бочарников В.С., д.т.н., проректор по стратегическому развитию и цифровизации Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

Заместитель главного редактора –

Фомин С.Д., д.т.н., зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/izvestiya>

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>

Зволинский В.П., **академик РАН**, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

<http://pniiaz.ru/rukovodstvo>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/>

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.cnsbh.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/>

International Editorial Board of the Scientific Journal

Editor in Chief - *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», supervisor of the Volgograd State Agrarian University

Deputy Editor in Chief - *Bocharnikov V.S.*, Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University

Deputy editor in chief - *Fomin S.D.*, Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems of the 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 Russian Academy of Sciences**, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Zvolinsky V.P., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, scientific adviser of the Prikaspiysky Research Institute of Arid Agriculture

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)

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)

Рулев А.С., академик РАН, Волгоградский государственный университет

<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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.pf>

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->

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)

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

Зволинский В.П., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

Zvolinsky V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific leader of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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

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 редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», научный руководитель Волгоградского ГАУ

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», supervisor of the 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, доктор сельскохозяйственных наук, директор ВНИИОЗ

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., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации, 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

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

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

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, Doctor of Agricultural Sciences, Director of All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

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, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization 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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

Гурова О.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, проректор, Волгоградский ГАУ

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 ПНИИАЗ

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

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

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

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

Gurova O.N., Candidate of Agricultural Sciences, vice-rector, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

Tyutyuma N.V., **Professor of RAS**, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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

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 ПНИИАЗ

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

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

06.01.09 Овощеводство

Зволинский В.П., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ВНИИОЗ

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

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, Волгоградский ГАУ

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

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

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, 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 the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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 Vegetable-growing

Zvolinsky V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific leader of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

Melikhov V.V., corresponding member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

Tyutyuma N.V., Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

Yatusovich 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, Volgograd State Agrarian University

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.

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

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

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

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

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

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

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

Филиппов Н.В., доктор ветеринарных наук, профессор, зам. директора, Волгоградская областная ветеринарная лаборатория

Filippov N.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy Director, Volgograd Regional Veterinary Laboratory

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, первый проректор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-Rector, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Стекольников А.А., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, ректор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

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

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

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Филиппов Н.В., доктор ветеринарных наук, профессор, зам. директора, Волгоградская областная ветеринарная лаборатория

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, первый проректор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

Племяшков К.В., доктор ветеринарных наук, профессор ВНИИ генетики и разведения животных, Санкт-Петербург

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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

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

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

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

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

Filippov N.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy Director, Volgograd Regional Veterinary Laboratory

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-Rector, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

Plemyashkov K.V., Doctor of Veterinary Science, Professor, Institute of Genetics and Animal Breeding, St. Petersburg

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

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

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

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

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

Николаев С.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

Николаев С.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

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

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

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

Nikolaev S. I., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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

06.02.09 Fur farming and hunting

Nikolaev S. I., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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)

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации, Волгоградский ГАУ

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

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, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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)

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University

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

Цепляев А.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Tseplyaev A.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

Баев В.И., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Baev V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, зам. директора, ДонГАУ

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, deputy Director, DonGAU

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-01

TO THE QUESTION OF DEVELOPING THE LAW AND THE PROGRAM OF DEVELOPMENT OF THE WINE GRADES AND WINE-MAKING INDUSTRY IN THE VOLGOGRAD REGION

A. S. Ovchinnikov¹, V. V. Borodychev², V. M. Gurenko²

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

²*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering
and Land Reclamation named after AN Kostyakov»*

Received 14.04.2020

Submitted 10.06.2020

Summary

The issues of developing and adopting a law with a program to stimulate the development of wine growing and winemaking in the Volgograd region are considered. The criteria and principles for the formation of highly productive grapes are indicated. The research results allow us to design complex effective technologies that include issues of agricultural engineering, land reclamation, economics, ecology, as well as acceleration of the selection process.

Abstract

Relevance. The relevance of research is confirmed by the need for the revival of viticulture as one of the main directions of development of the agro-industrial complex of Russia. One of the important factors in accelerating the development of this industry is the development of modern technologies, which, taking into account the climatic conditions of the Volgograd region, will allow to obtain stably high yields of excellent quality. The role of science, breeders and the experience of advanced farms come to the fore. **Object.** The object of research is a system of legal and technological measures to stimulate the development of viticulture and winemaking in the Volgograd region. **Materials and methods.** The working hypothesis of the research is the assumption of the possibility and feasibility of developing viticulture in the Volgograd region, which is not part of the main zones of viticulture in Russia, but is characterized by a number of valuable natural advantages. The material is presented on the basis of the analysis and generalization of scientific and technical literature on the issues under discussion, as well as on the results of scientific studies conducted according to generally accepted methods. In a single complex, the soil-climatic features of the region, the issues of technology and legal regulation of the development of grape production are considered. **Results and conclusions.** Historical information on the development of winemaking and viticulture in southern Russia, the revival and establishment of viticulture in the Stalingrad region, the current state of the issue of industrial production of grapes and winemaking in the Lower Volga region are presented in detail. The leading role of scientific institutions, peasants and farms in the revival of viticulture in the Volgograd region is shown. An analysis of the environmental conditions of the Lower Volga region shows their relevance for the development of viticulture and the production of quality grape products. The high efficiency of drip, combined (drip + finely dispersed) irrigation of vineyards has been proved, which allows to quickly manage water and mineral nutrition, technology of accelerated reproduction and growing of elite planting material. The necessity of strengthening measures to curb the uncontrolled import of planting material from areas with the spread of phylloxera and the creation of a network of modern nurseries is emphasized. In determining the main areas of research, take into account factors limiting production indicators: aridity of the climate, which does not allow the cultivation of this crop without irrigation, high summer temperatures and low relative humidity, which go beyond the optimal values, severe winter conditions with low temperatures and frequent thaws. For the speedy development of this promising industry in the Volgograd region, today it is imperative to develop and adopt a law and a program to stimulate the development of viticulture and winemaking, which are provided for by the law of the Russian Federation "On viticulture and winemaking in the Russian Federation."

Key words: viticulture, winemaking, historical information, current state, law, tasks, revival

Citation. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M. To the question of developing the law and the program of development of the wine grades and wine-making industry in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 14-28 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-01

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 634.85:663.2(470.45)

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЗАКОНА И ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ВИНОГРАДАРСТВА И ВИНОДЕЛИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Овчинников¹, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Бородычев², академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. М. Гуренко², кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Волгоградский филиал)

Дата поступления в редакцию 14.04.2020

Дата принятия к печати 10.06.2020

Актуальность. Актуальность исследований подтверждается необходимостью возрождения виноградарства как одного из основных направлений развития агропромышленного комплекса России. Одним из важных факторов ускорения развития этой отрасли является разработка современных технологий, которые с учетом климатических условий Волгоградской области позволят получать стабильно высокие урожаи отличного качества. На первый план выходит роль науки, селекционеров и опыт передовых хозяйств. **Объект.** Объектом исследований является система организационно-правовых и технологических мероприятий стимулирования развития виноградарства и виноделия в Волгоградской области. **Материалы и методы.** Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности и целесообразности развития виноградарства в Волгоградской области, не входящей в основные зоны виноградарства России, но характеризующейся рядом ценных природных преимуществ. Материал представлен на основе анализа и обобщения научно-технической литературы по рассматриваемым вопросам, а также по результатам научных исследований, проведенных по общепринятым методикам. В едином комплексе рассматриваются почвенно-климатические особенности региона, вопросы технологии и правового регулирования развития производства винограда. **Результаты и выводы.** Подробно представлены исторические сведения развития виноделия и виноградарства на юге России, возрождение и становление виноградарства в Сталинградской области, современное состояние вопроса промышленного производства винограда и виноделия в Нижневолжском регионе. Показана ведущая роль научных учреждений, крестьянских и фермерских хозяйств в возрождении виноградарства в Волгоградской области. Анализ экологических условий Нижневолжского региона показывает их соответствие для развития виноградарства и производства качественной продукции из винограда. Доказана высокая эффективность капельного, комбинированного (капельное+мелкодисперсное) орошения виноградников, позволяющая оперативно управлять водным и минеральным питанием, технология ускоренного размножения и выращивания элитного посадочного материала. Акцентируется необходимость усиления мероприятий по сдерживанию бесконтрольного ввоза посадочного материала из районов с распространением филлоксеры, созданию сети современных питомников. При определении главных направлений исследований учитывать факторы, ограничивающие производственные показатели: засушливость климата, не позволяющую выращивание данной культуры без орошения, вы-

сокие летние температуры и низкую относительную влажность воздуха, выходящие за пределы оптимальных значений, суровые зимние условия с низкими температурами и частыми оттепелями. Для скорейшего развития этой перспективной отрасли в Волгоградской области сегодня крайне необходимо разработать и принять закон и программу стимулирования развития виноградарства и виноделия, которые предусмотрены законом Российской Федерации «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации».

Ключевые слова: развитие виноградарства, возделывание винограда, виноградники, орошение винограда, программы развития виноградарства.

Цитирование. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. К вопросу разработки закона и программы развития отрасли виноградарства и виноделия Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 14-28. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-01.

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. Начало русского виноградарства в России положено в XVII веке, когда в 1613 году в Астрахани был заложен первый русский виноградник. Наибольший рост виноградных насаждений отмечен в середине 1980 годов, когда СССР занимал второе место в мире по общей площади виноградных насаждений и четвертое по валовому объему производимого вина. Значительный урон отечественному виноградарству был нанесен в 1990 годах антиалкогольной кампанией, от которого она еще не оправилась. Сегодня на технические сорта винограда приходится порядка 85 % валового производства винограда в России, которое составляет примерно 440 тыс. тонн в год. При этом винодельческим предприятиям катастрофически не хватает отечественного сырья, из-за чего наше вино на 90 % состоит из импортных виноматериалов [6, 9, 14].

В последние годы (2016-2018) сбор винограда в России составляет 537-552 тыс. т в год. Площади виноградников в стране 79,7 тыс. га (рисунок 1).

По данным Минсельхоза России (рисунок 2), к 2025 году в стране площади виноградников должны быть доведены до 153,3 тыс. га. Отмечается, что площадь плодоносящих виноградников составит около 114 тыс. га, а уровень импортозамещения – 100 %.

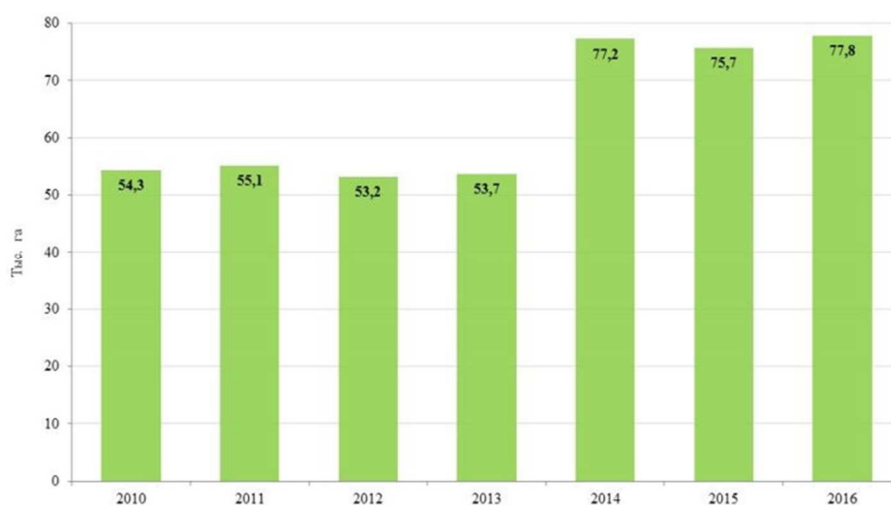


Рисунок 1 – Площадь виноградных насаждений в промышленном секторе в России в 2010-2016 гг., тыс. га

Figure 1 – The area of grape plantations in the industrial sector in Russia in 2010-2016, thousand ha

В России всего три региона: Краснодарский край, Республика Дагестан и Республика Крым – обеспечивают около 80 % урожая отечественного винограда (рисунок 3). В Краснодарском крае виноград выращивают у черноморского побережья неукрывным способом, а на севере виноград укрывают. Общая площадь виноградников региона составляет около 26 тыс. гектаров из 77,8 тыс. в целом по РФ и в основном сорта технические. Под них отведено $\frac{3}{4}$ площадей. Соответственно на столовые сорта выделено лишь около $\frac{1}{4}$ виноградников. Валовый сбор винограда в регионе составляет около 200 тыс. тонн в год, что составляет 45-46 % общероссийского урожая.

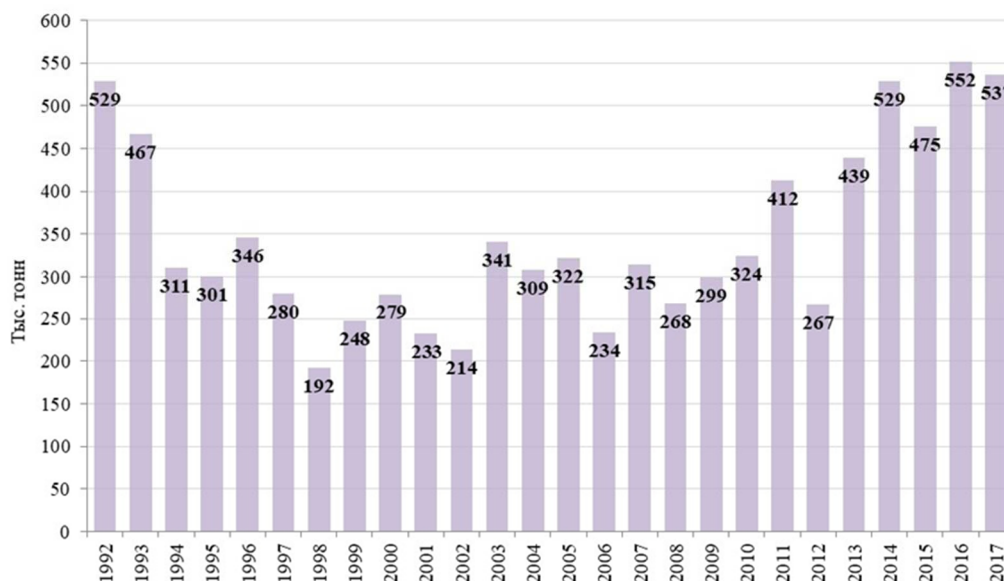


Рисунок 2 – Сборы винограда в России в хозяйствах всех категорий в 1992-2017 гг., тыс. тонн

Figure 2 – Grapes in Russia in farms of all categories in 1992-2017, thousand tons

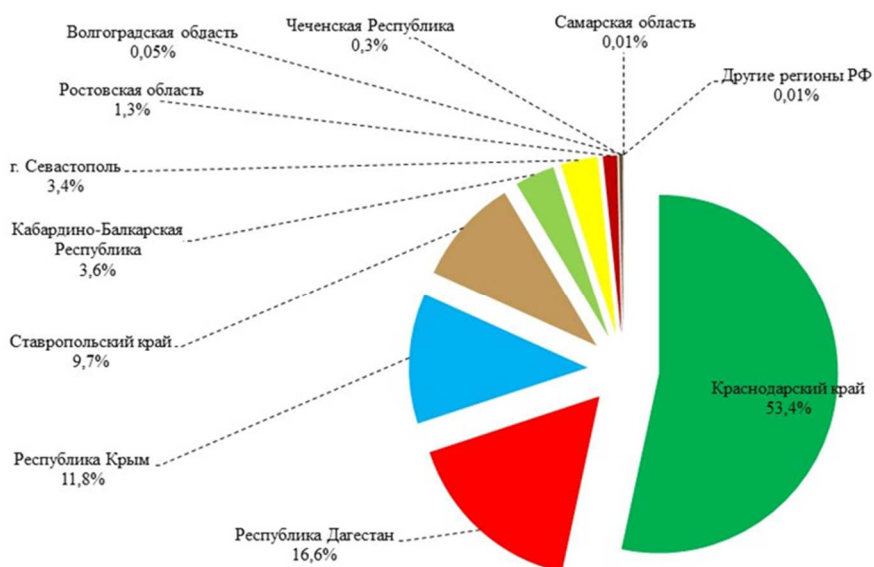


Рисунок 3 – Рейтинг регионов России по производству винограда в промышленном секторе, %

Figure 3 – Rating of Russian regions for grape production in the industrial sector, %

Дагестан с его более сложным рельефом поделен на несколько виноградарских районов. На юге региона, где климат достаточно теплый, виноградники не укрывают, при этом погодные условия позволяют культивировать сорта с любым сроком созревания. В основном это технический виноград. В предгорьях на высоте до 600 метров, где выращивают сырье для столовых и десертных вин, виноград не укрывают.

В северных предгорьях Дагестана морозы достигают -25 градусов, поэтому виноградники следует укрывать. По площадям и объемам производства виноградарство Дагестана на втором месте в стране. Общая площадь виноградников составляет 21 тыс. га – треть от общей площади российских виноградников. Среднегодовой урожай – около 140 тыс. тонн, или 1/3 от общей массы. Наиболее известными предприятиями региона являются завод шампанских вин в Махачкале и завод игристых вин в Дербенте [7, 8].

На Ростовскую область и Ставропольский край совокупно приходится около 12 тыс. га виноградников и 60 тыс. тонн ягод в год.

Цель исследований – обоснование необходимости промышленного возрождения виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе в свете принятого Государственной Думой Федерального закона «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации».

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности и целесообразности развития виноградарства в Волгоградской области, не входящей в основные зоны виноградарства России, но характеризующейся рядом ценных природных преимуществ. Материал представлен на основе анализа и обобщения научно-технической литературы по рассматриваемым вопросам, а также по результатам научных исследований, проведенных по общепринятым методикам. В едином комплексе рассматриваются почвенно-климатические особенности региона, вопросы технологии и правового регулирования развития производства винограда.

Результаты и обсуждение. Работа с историческими документами показала, что уже в 1750-1770 гг. в Царицыне, Бекетовке, Дубовке, немецких колониях существовало несколько небольших любительских виноградников. Как отмечает в своих работах Медведев М. Н., виноградники были в Дубовке у помещика М. И. Персидского с сыновьями, в селах Отрада и Никольское у помещиков Цыплетева, Бекетова [6, 9].

В Сарепте существовал питомник в Чапурниковской балке с новыми сортами винограда из других регионов. Сарептское виноградарство оказывало значительное влияние на развитие этой отрасли в регионе. Учитывали опыт разных школ виноградарства – астраханской, кавказской, крымской, донской, а также европейских. Наиболее передовые хозяева приобретали в маточном питомнике саженцы, заимствовали опыт ухода, традиции Сарептского виноградарства [5, 6].

Представляют интерес сведения о возрождении в тридцатые годы прошлого столетия в Сталинградской области промышленного виноградарства и виноделия. Автор Любимов А.И. подробно изложил в своей работе агротехнику выращивания виноградных саженцев, закладку виноградников, технологию ухода за посадками, вопросы борьбы с болезнями и вредителями. Но самое главное, им дана оценка о географическом положении Сталинградской области, что очень важно учитывать при разработке технологии производства столового виноградарства [5].

Учеными НИИ виноградарства и виноделия НКЗ РСФСР были проведены исследования, которые подтвердили, что сочетание температурных и световых условий с благоприятными почвенными условиями вполне подходят виноградарям Сталинградской области для успешного культивирования винограда и развития виноделия. По мнению науки, виноградники Доно-Цимлянского песчаного массива вполне могут кон-

курировать по качеству виноградной продукции с северной провинцией Франции, Шампанью, которая знаменита своими виноградниками. Недаром Доно-Цимлянский массив часто называют «Донской Шампанью». Вторым перспективным районом выращивания винограда считался правый берег Волги. В этот район входили районы: Камышинский, Красноармейский, М.-Дербетовский, Сарпинский, Дубовский, Городищенский, пригородная зона Сталинграда [15].

Результаты многолетних научных исследований в 1957-1974 гг. по селекции и интродукции винограда в Нижнем Поволжье позволили Цехмистренко П.Е. подробно и популярно описать весь цикл работ на винограднике начиная от выбора и подготовки участка и заканчивая уборкой урожая. Автором были выведены сорта винограда, которые были внедрены в колхозах и совхозах региона исследований. Наиболее распространенные сорта винограда – Алешечкин, Янтарный, Ананасный [18].

Несмотря на возможность успешно развиваться виноградарству в Волгоградской области и других регионах Нижней Волги, подтвержденную наукой и практикой, за последние годы промышленное производство винограда так и не получило развития. Сегодня, когда страна лишилась огромных виноградарских регионов, отношение к развитию виноградарства в Нижневолжском регионе должно измениться коренным образом в положительную сторону.

За последние два десятилетия созданы базовые предпосылки для успешного развития промышленного виноградарства и виноделия в Нижнем Поволжье [16].

Анализ климатических условий показывает, что Россия вынуждена выращивать виноград в регионах с холодными зимами. В зону укрывной культуры винограда входят центральные и северные районы Краснодарского края, северная часть Дагестана, полностью Чеченская и Ингушская Республики, Ставропольский край, Ростовская область, Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Волгоградская и Астраханская области. В странах СНГ укрывная культура винограда занимает около 450 тыс. га: в России укрытию подлежат около 52 % всех виноградников, в Узбекистане – 88 %, Армении – 91 %, Казахстане и Киргизии – 100 %, частично укрываются виноградники в Молдове и Украине [1, 2, 11]. Анализ экологических условий Нижневолжского региона показывает, что они соответствуют для развития виноградарства и производства качественной продукции из винограда в этой зоне. В районе Волгограда продолжительность вегетационного периода 180-190 дней. Средняя температура июля 23-24 °С, августа – 23 °С, сентября 16-17 °С. Сумма активных температур в пределах 2900-3300 °С [10]. Интересно сравнить эти климатические показатели с аналогичными показателями виноградного Крыма. Например, в районе южного берега Крыма (Ялта) продолжительность вегетационного периода 208 дней. Средняя температура июня 20,3 °С, июля и августа – 22,7 °С, сумма активных температур – 3800 °С. В предгорной зоне (Бахчисарай) вегетационный период продолжается 201 день. Средняя температура воздуха июня 19,0 °С, июля – августа – 21,8 °С, сентября – 18,0 °С, сумма активных температур – 3200-3300 °С [3]. При оценке условий продуцирования виноградного растения главное внимание отводится сумме активных температур и длине вегетационного периода. Например, для культуры винограда, используемого для производства десертных вин, требуется в год не менее 4100° С тепла, а для транспортабельного столового винограда – 3800° С. В условиях континентального климата Ростовской, Астраханской и Волгоградской областей, при значительно меньших суммах активных температур, виноград накапливает до 25-32 % сахара, что вполне достаточно для приготовления даже десертных вин [13].

Интенсивность солнечной инсоляции оказывает решающее влияние на накопление сахара в винограде. В свою очередь величина интенсивности лучистой энергии находится в тесной зависимости от влажности воздуха. В умеренном климате огромная

масса влажного атмосферного воздуха является своеобразным светофильтром, задерживающим спектр лучистой энергии. Во многих южных регионах традиционного виноградарства часто идет борьба с климатом за накопление сахара. А в нашем самом северном винодельческом регионе России зачастую идет борьба с лишним сахаром для белых вин. Относительная влажность воздуха в регионе Нижней Волги нередко достигает значений 15-20 %, что определяет высокую интенсивность лучистой энергии. Этот фактор является объяснением того парадокса, что накопление сахара часто идет более высокими темпами, чем в южных регионах. Таким образом, наличие большого количества тепла и лучистой энергии позволяет выращивать сорта винограда любого срока созревания, это безусловный плюс потому, что для подбора подходящих сортов к той или иной микрозоне их выбор фактически не ограничен сроками созревания. Это позволяет выращивать качественный столовый виноград и производить широкий ассортимент винодельческой продукции [2].

В наше время вопросы экологии и загрязнения окружающей среды стоят очень остро. Среди сельскохозяйственных культур по применению ядохимикатов виноград занимает одно из первых мест. За вегетацию в южных регионах России проводится от 10 до 15 обработок пестицидами. Значительную долю в применяемых пестицидах занимают фунгициды широкого спектра действия, которые необходимы в условиях влажного климата для борьбы с грибными заболеваниями. К сожалению, идет процесс накопления остатков токсикантов в почве и винодельческой продукции. Не менее значимой проблемой является загрязнение виноматериалов микотоксинами – ядами, которые вырабатываются самими плесневыми грибами, вызывающими болезни винограда. Микотоксины крайне опасны для здоровья человека. По данным ученых ГНУ СКЗ-НИИСиВ, проведенные исследования 1470 проб вина из стран ЕС на содержание токсинов (охратоксина А) показали, что в 41 % образцов оно было завышено. Стоит ли говорить о том, что полезные диетические свойства вина несовместимы с содержанием в них токсинов. Современное состояние качества и безопасности вина является настолько серьезной проблемой, что в европейских странах стоит задача создания эффективной технологии детоксикации готовой винодельческой продукции. Итак, что мы имеем. Казалось бы, благоприятная южная зона виноградарства, где не нужно укрывать и поливать виноград, к сожалению, имеет и негативную сторону. Наносится тройной удар по экологии. Это загрязнение пестицидами, загрязнение микотоксинами, значительное уплотнение почвы от частого прохода техники (всего за вегетацию проводится до 16 проходов трактора). Уплотняется колей, нарушается кислородный режим в зоне корней, разрушается структура почвы [1, 2].

Сухой климат и минимальное количество осадков в условиях Нижней Волги препятствуют развитию болезней, позволяют свести к минимуму пестицидную нагрузку и производить более экологически чистую продукцию в отличие от юга России. Значительно снижаются затраты на обработку ядохимикатами. Практика фермерских хозяйств Волгоградской области показала, что трех-, четырехкратная обработка виноградников обеспечивает полную защиту от грибных заболеваний. Ученые ГНУ СКЗ-НИИСиВ разработали систему защиты винограда с применением биопрепаратов, которые в условиях Краснодарского края в благоприятные годы работают не хуже традиционной обработки пестицидами. При применении такой защиты в наших климатических условиях обеспечивается гарантированный результат производства вин высокой экологической чистоты даже из европейских сортов винограда. Это дает нам преимущество не только на внутреннем, но и на внешнем рынке. Дальнейшее совершенствование экологизированной системы защиты виноградников позволят производить уникальную, экологически чистую продукцию, потребность в которой растет с каждым годом [19].

В 1993 году, на этапе зарождения фермерства в России, фермерские хозяйства «Лоза» и «Садко» Дубовского района привезли капельное орошение израильской фирмы «НЕТАФИМ». Это был первый комплект капельного орошения, завезенный в Волгоградскую область, и положен он был на первые фермерские виноградники. Именно этот момент можно считать исторической вехой начала возрождения промышленного виноградарства и виноделия на Нижней Волге. Большой вклад в развитие виноградарства в Волгоградской области внес Александр Иванович Потапенко. Он провел самую продолжительную по времени селекцию винограда на морозостойкость (1922-2010 гг.). Ее рекорд, с ярким победным финалом, вряд ли повторим. Его селекционная деятельность длилась более 60 лет, а его селекционное наследие трудно переоценить. Последний период своей деятельности он провел в селе Оленье Дубовского района. По его мнению, именно климат Волгоградской области уникален для использования его сортов винограда при выращивании в неукрывной культуре для производства экологически чистой продукции [3, 4].

Поволжье свободно от злейшего вредителя – филлоксеры. Это дает возможность обойтись без привитой культуры при закладке виноградников, которая требует больших затрат в технологическом процессе. Это еще один плюс северному виноградарству. Существующие стандарты корнесобственных саженцев неприемлемы для закладки виноградников с углубленной посадкой, гарантирующей защиту от вымерзания корневой системы, а также для технологии ускоренной формировки и быстрого вступления виноградников в плодоношение. В такой ситуации, когда невозможно приобрести элитные саженцы на стороне, возникает необходимость организации собственного питомника для выращивания элитных саженцев. Себестоимость собственного производства всегда ниже рыночной стоимости, к тому же это гарантирует высокое качество посадочного материала. Закладка виноградника элитным посадочным материалом определяет быстрое вступление в плодоношение, долговечность виноградников и высокую урожайность. По поводу корнесобственных виноградников есть мнение, что филлоксеры на Волгу все равно придет. Как говорится, поживем, увидим. В течение десятилетий филлоксеры к нам завозилась, и, несмотря на регулярные обследования, нет фактов, что она где-то прижилась. Дело в том, что почвы у нас не вулканического происхождения, а аллювиального и делювиального. Эти почвы характеризуются слабой порозностью и хрящеватостью. Супеси и суглинки в условиях орошения и глубокого промерзания не очень хороший дом для филлоксеры [2].

Наш климат характеризуется высокими летними температурами и низкой относительной влажностью воздуха. Эти факторы определяют высокую транспирацию растений, что в совокупности с низким уровнем осадков делает невозможным культуру винограда без орошения. С точки зрения дополнительных затрат, это конечно минус, но сам факт невозможности выращивания культуры без орошения является отрицательным только с точки зрения дополнительных затрат. Капельное орошение испытывается на виноградниках в фермерских хозяйствах Дубовского района Волгоградской области уже более двадцати лет и показывает очень хорошие результаты. Стоимость орошения на винограднике в полтора раза меньше овощного, а стоимость товарной продукции с одного гектара винограда больше стоимости товарной продукции с овощного гектара. Прибыли, полученной в год с одного гектара винограда, хватает на приобретение двух-трех гектаров капельного орошения. Затраты на капельное орошение быстро окупаются. Общеизвестно, что капельное орошение уменьшает коэффициент водопотребления и в значительной степени снижает затраты на орошение, обеспечивая точно заданные режимы поддержания предполивной влажности и минерального питания. Преимущества капельного орошения на виноградниках настолько очевидны, что другие виды орошения можно просто не рассматривать [12, 13].

Капельное орошение винограда позволяет контролировать рост и развитие винограда в течение вегетационного периода, формировать зону увлажнения и архитектуру корневой системы, что очень важно в условиях укрывного виноградарства, позволяет поддерживать оптимальный уровень влажности в самые ответственные периоды вегетации (например, технология управляемого водного стресса в момент роста ягоды), эффективно влиять на получение запланированных кондиций винограда, что в свою очередь значительно повышает качество производимых вин. Многие об этом могут только мечтать. Французские виноделы, например, могут ждать четыре-пять лет, когда климат предоставит им возможность сделать «великое вино», а молятся ежегодно в момент созревания винограда, чтобы не пошел дождь и не испортил кондиции. Кстати, во Франции в Бордо, в сентябре в среднем 12 дней дождливых.

Однако на пути развития отрасли стоят две серьезные проблемы - дефицит средств и дефицит высококачественного посадочного материала [17, 20].

При общей потребности хозяйств не менее 7 млн саженцев в год, отечественные селекционеры могли обеспечить не более половины от этого числа. Фактическая потребность составляет около 20 млн саженцев в год. Долгое время недостающий материал хозяйствам приходилось закупать в Италии, Сербии, Франции и других странах. Однако в связи с девальвацией рубля и общим ухудшением дел в российской экономике использование импортного посадочного материала стало малоэффективным.

Иностранные саженцы плохо приспособлены к отечественным климатическим условиям, поэтому продолжительность жизни растений снижается с 40 до 15-20 лет, а продуктивность падает на 30-40 %.

Выводы. Сейчас, когда принят федеральный закон «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации», наступил исторический момент, когда окончательно созрели предпосылки для развития виноградарства и виноделия в России. Для скорейшего развития этой перспективной отрасли в Волгоградской области, сегодня в первую очередь, крайне необходимо разработать и принять закон и программу стимулирования развития виноградарства и виноделия, которые предусмотрены настоящим законом:

1. Первая задача – разработать эффективную, адаптивную и экологизированную технологию выращивания перспективных сортов винограда для производства вин высокого качества с высокой конкурентоспособностью на внутреннем и внешнем рынках. Реально решить эту задачу должны в первую очередь фермерские хозяйства в тесном сотрудничестве с наукой. Они могут в условиях небольших площадей строго выполнять условия сортовой агротехники и технологии виноделия. Сейчас уже ведется такая совместная работа в КФХ «Лоза» Гусева Д. Э. и ИП «Шишлянниковой М. В.» Дубовского района. Для продолжения этой работы и решения данных задач необходимо запланировать меры поддержки науки в данном направлении, предусмотренные статьей 37 Федерального закона, в котором говорится следующее: «Оказание государственной и муниципальной поддержки осуществления научно-исследовательской, научно-технической, инновационной и образовательной деятельности в области виноградарства и виноделия органами государственной власти и органами местного самоуправления может осуществляться в виде: 1) содействия научным организациям, осуществляющим селекционно-питомниково-доческое, научно-технологическое обеспечение развития виноградарства и виноделия; 2) создания организаций, образующих инфраструктуру поддержки субъектов виноградарства и виноделия и оказывающих поддержку таким субъектам, в том числе агротехнопарков, научно-исследовательских и научно-производственных зон в области виноградарства и виноделия, и обеспечения деятельности таких организаций; 3) содействия патентованию изобретений, полезных моделей, промышленных образцов и се-

лекционных достижений, разрабатываемых в целях экологизации, модернизации и развития технологий в области виноградарства и виноделия; 4) создания условий для подготовки кадров для субъектов виноградарства и виноделия или их дополнительного профессионального образования; 5) учебно-методической и научно-методической помощи субъектам виноградарства и виноделия».

2. Нижневолжский регион выделен в отдельную зону виноградарства и виноделия. На первом этапе необходимо тщательно изучить и определить агроэкологические подзоны. Выделить микрозоны. Для развития виноградарства и виноделия в нашей области необходимо выделение земель, пригодных для развития отрасли, в том числе и земель, пригодных для производства экологически чистой продукции. На сегодняшний момент в Волгоградской области довольно большое количество залежных и целинных неиспользованных земель, пашни и пастбищ. Между тем можно предположить, что количество таких земель катастрофически уменьшается. Глубина осознания перспективной ценности таких земель, к сожалению, недостаточна. За два-три года интенсивного их использования они получают в процессе производства культур такую дозу пестицидов (без которых, к сожалению, в настоящее время невозможно их производство), что после этого сразу же становятся непригодными для производства экологически чистой продукции. Трудности в приобретении земельных участков на орошении зачастую начинаются сразу на начальном этапе, когда стоимость проекта иногда превышает стоимость реконструкции или строительства орошения. Оказание помощи в приобретении земельных участков под виноградарство – это первостепенный и очень важный вопрос. В разрабатываемой программе необходимо уделить особое внимание земельному вопросу. Принятый федеральный закон, в части статьи 35, пункта первого, позволяет это осуществить: «Оказание имущественной поддержки субъектам виноградарства и виноделия осуществляется органами государственной власти, органами местного самоуправления в виде передачи во владение и (или) в пользование государственного или муниципального имущества, в том числе земельных участков (за исключением земельных участков, предназначенных для ведения личного подсобного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального жилищного строительства), зданий, строений, сооружений, нежилых помещений, оборудования, машин, механизмов, установок, транспортных средств, инвентаря, инструментов, на возмездной основе, безвозмездной основе или на льготных условиях в соответствии с государственными программами Российской Федерации, государственными программами субъектов Российской Федерации, муниципальными программами по развитию виноградарства и виноделия. Указанное имущество должно использоваться по целевому назначению».

3. Следующей немаловажной задачей является продолжение сортоиспытательной работы и развития питомников. Выявление сортов для наших экологических условий, которые могут обеспечить производство высококачественных вин защищенного географического указания, и вин с защищенным наименованием места происхождения. В связи со спецификой наших условий, необходимо создать питомники элитного, корнесобственного посадочного материала перспективных сортов винограда. В этом направлении в течение последних лет уже ведется работа. В КФХ «Лоза» Гусева Д.Э. Дубовского района проведены научные изыскания и разработана эффективная технология выращивания корнесобственных, элитных саженцев винограда для глубокой посадки при закладке виноградника, от которой зависит дальнейшая судьба виноградника. Его зимостойкость, урожайность и продолжительность эксплуатации. Ведется сортоиспытательная работа, выявляющая перспективные сорта и клоны, которые в наших экологических условиях дают вина высокого качества [10, 11, 19]. В ИП Шишлянниковой М. В. совместно с Волгоградским филиа-

лом ФГБНУ ВНИИГиМ проводятся исследования по выращиванию корнесобственных элитных саженцев. Исследуются режимы орошения молодых посадок винограда, совместно со специальными агроприемами, на основе которых разрабатывается технология ускоренного вступления виноградника в плодоношение. Продолжается селекционная работа по выведению морозостойких, устойчивых к болезням сортов винограда, пригодных для ведения неукрывной культуры винограда и производства экологически чистой винодельческой продукции [12, 13, 20]. В УМПЦ «Горная Поляна» ВолГАУ на площади 2,5 га заложен виноградник под руководством проф. Заманиди П. К., проводится агроэкологическое испытание более 100 сортов винограда технического (60 %) и столового направления (40 %). Необходимо дальнейшее продолжение сотрудничества с наукой, крестьянско-фермерскими хозяйствами и другими предприятиями, которые выращивают укрывную и неукрывную культуру винограда. Государственная поддержка в этом направлении предусматривается в статье 34 закона, пункт 1 – «на организацию виноградных питомников, производящих посадочный материал виноградных растений, отвечающий требованиям, установленным уполномоченным федеральным органом исполнительной власти для каждой виноградовинодельческой зоны, каждого виноградовинодельческого района и каждого виноградовинодельческого терруара» и пункт 2 – «на приобретение субъектами виноградарства и виноделия посадочного материала виноградных растений отечественного производства для закладки виноградных насаждений». Для решения вышеизложенных задач необходимо эффективнее использовать научный потенциал профильных учреждений области. В программе развития отрасли должны быть определены базовые хозяйства для исследовательской работы и определены меры поддержки для научных исследований и производства. Научные учреждения совместно с базовыми хозяйствами должны разработать долгосрочные программы исследований по созданию комплексных эффективных технологий, включающих в себя вопросы агротехники, мелиорации, экономики, экологии, а также ускорения селекционного процесса.

Библиографический список

1. Александров В. Г., Гаина В. Е. Экологическое виноградарство – реальная перспектива // Виноделие и виноградарство, 2019. № 2. С. 8-14.
2. Бородычев В. В., Гуренко В. М., Овчинников А. С. К вопросу создания эффективных агротехнологий выращивания перспективных сельскохозяйственных культур // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2014. Вып. 6. С. 27-32.
3. Критерии и принципы формирования высокопродуктивного виноградарства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памятной дате – 85 – летию со дня образования Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия. 2007. 309 с.
4. Кружилин И. П., Курапина Н. В., Гусев Д. Э. Элементы технологии выращивания саженцев винограда при капельном орошении // Природообустройство. 2008. № 3. С. 25-29.
5. Любимов А. И. Виноград в Сталинградской области. Сталинград: Областное книгоиздательство, 1948. С. 11-43.
6. Магомедов М. Г. Виноградарство и виноделие, виноград и вино Дагестана. Махачкала: ГАУ РД «Дагестанское книжное издательство», 2018. 408 с.
7. Магомедов М. Г., Халалмагомедов М. А., Ибрагимов Э. Б. Состояние и перспективы производство столового винограда в Дагестане // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 1(9). С. 34-44.
8. Магомедов Н. Д. Современное состояние и перспективы развития виноградарства и виноделия в Дагестане // Виноделие и виноградарство. 2017. № 1. С. 6-13.
9. Медведев В. Н. Виноградарство в колонии Сарепта Царицынского уезда (1765-1917) // Научный ежегодник «Стрежень» / под ред. М.М. Загорулько. Волгоград: ВолГУ, 2001. Вып. 2. С. 375-383.

10. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. Перспективы развития виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. №1(37). С. 6-14.

11. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. Научно-деловому и образовательному центру агротехнопарка – перспективные технологии производства сельскохозяйственной продукции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №3(35). С. 7-12.

12. 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.

13. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Модернизация элементов систем капельного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (29). С. 171-174.

14. Огонезянец Л. А., Понасюк А. Л. Виноградарство и виноделие мира 2015-2016 гг. по материалам OIV // Виноделие и виноградарство. 2017. № 7. С. 4-6.

15. Потапенко А. И. Русский зимостойкий виноград. Волгоград: Комитет по печати и информации, 1999. 160 с.

16. Система интенсивных технологий производства винограда в северной зоне промышленного виноградарства Российской Федерации / под общей редакцией Л. В. Кравченко. Новочеркасск: ГНУ ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко Россельхозакадемии, 2010. 14 с.

17. Способ выращивания корнесобственных саженцев винограда и машина для его осуществления: патент № 2411716 С1 РФ А01G (2006.01) / Козлов Д. В., Сухарев Ю. И., Бородычев С. В., Гуренко В. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М.; заявл. 10.07.2009; опубл. 20.02.2011, бюл. № 5.

18. Цехмистренко П. Е. Виноград в Сталинградской области. Сталинград: Сталинградское книжное издательство, 1960. 264 с.

19. Цику Д. М., Гусев С. Э., Петров В. С. Отзыв современных столовых сортов винограда на остросасушливые условия юга России и их влияние на эмбриональную плодоносность // Виноделие и виноградарство. 2019. № 2. С. 4-8.

20. Эффективность комбинированного орошения при выращивании элитных саженцев винограда в условиях Поволжского региона / В. В. Бородычев, М. Ю. Храбров, В. М. Гуренко, А. В. Майер, С. В. Бородычев // Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейной международной научной конференции. М.: Изд. ВНИИА, 2014. С. 18-23.

Conclusion. Now that the federal law “On Viticulture and Wine-Making in the Russian Federation” has been adopted, that historic moment has come when the prerequisites for the development of viticulture and winemaking in Russia have finally matured. For the speedy development of this promising industry in the Volgograd region, today, first of all, it is imperative to develop and adopt a law and a program to stimulate the development of viticulture and winemaking, which are provided for by this law:

1. The first task is to develop an effective, adaptive and environmentally friendly technology for growing promising grape varieties for the production of high quality wines with high competitiveness in the domestic and foreign markets. First of all, farms in close cooperation with science should really solve this problem. In the conditions of small areas, they can strictly fulfill the conditions of varietal agricultural technology and winemaking technology. Now such joint work is already underway in the farm “Loza” Guseva D.E. and IE “Shishlyannikova M.V.” Dubovsky district. To continue this work and solve these problems, it is necessary to plan measures to support science in this direction provided for in Article 37 of the Federal Law, which states the following: “Providing state and municipal support for the implementation of research, scientific, technical, innovative and educational activities in the

field of viticulture and winemaking by state authorities and local authorities can be carried out in the form of: 1) assistance to scientific organizations engaged in breeding, nursery, scientific and technological support for the development of viticulture and winemaking; 2) the creation of organizations that form the infrastructure for supporting the viticulture and winemaking entities and providing support to such entities, including agricultural parks, research and scientific production zones in the field of viticulture and winemaking, and support the activities of such organizations; 3) facilitating the patenting of inventions, utility models, industrial designs and selection achievements developed for the purpose of greening, modernization and development of technologies in the field of viticulture and winemaking; 4) creating conditions for training personnel for the subjects of viticulture and winemaking or their additional professional education; 5) educational and methodological and scientific and methodological assistance to the subjects of wine-gradation and winemaking. ”

2. The Lower Volga region is allocated in a separate zone of viticulture and winemaking. At the first stage, it is necessary to carefully study and determine the agro ecological sub-zones. Select micro zones. For the development of viticulture and winemaking in our region, it is necessary to allocate land suitable for the development of the industry, including land suitable for the production of environmentally friendly products. Today in the Volgograd region there is a fairly large number of fallow and virgin unused lands, arable land and pastures. Meanwhile, it can be assumed that the amount of such lands is catastrophically reduced. Unfortunately, the depth of awareness of the prospective value of such lands is insufficient. For two, three years of intensive use, they receive such a dose of pesticides in the process of crop production (without which, unfortunately, their production is currently impossible), which then immediately become unsuitable for the production of environmentally friendly products. Difficulties in acquiring land for irrigation often begin immediately at the initial stage, when the project cost sometimes exceeds the cost of reconstruction or construction of irrigation. Assisting in the acquisition of land for wine growing is a paramount and very important issue. In the program under development, special attention should be paid to the land issue. The adopted federal law, in part of Article 35, paragraph one, allows this to be implemented: “The provision of property support to the subjects of viticulture and winemaking is carried out by state authorities, local authorities in the form of transfer into possession and (or) for use of state or municipal property, including land (with the exception of land intended for personal subsidiary plots, gardening, horticulture, individual housing construction), buildings, structures, non-residential premises, equipment, machinery, mechanisms, installations, vehicles , inventory, tools, on a daily basis, free of charge or on preferential terms in accordance with the state programs of the Russian Federation, state programs of the constituent entities of the Russian Federation, municipal programs for the development of viticulture and winemaking. The specified property shall be used for its intended purpose. ”

3. The next important task is to continue varietal testing and development of nurseries. Identification of varieties for our ecological conditions, which can ensure the production of high-quality wines of protected geographical indication, and wines with a protected appellation of origin. In connection with the specifics of our conditions, it is necessary to create nurseries for elite, root-owning planting material of promising grape varieties. In this direction, work has already been ongoing in recent years. In the farm "Loza" Guseva D.E. Dubovskiy district conducted scientific research and developed an effective technology for growing core-own, elite grape seedlings for deep planting when laying a wine-grad, on which the future fate of the vineyard depends. Its winter hardiness, productivity and durability. Varietal testing is underway, revealing promising varieties and clones that, in our environmental conditions, produce high-quality wines [10, 11, 20]. In FE Shishlyannikova M.V. Together with

the Volgograd branch of the FSBIU VNIIGiM, research is being conducted on the cultivation of root-own elite seedlings. Irrigation regimes of young plantings of wine-hail are studied, together with special agricultural practices, on the basis of which a technology is being developed for the accelerated entry of the vineyard into fruiting. Selection work continues on the development of frost-resistant, disease-resistant grape varieties suitable for conducting non-covering grape culture and the production of environmentally friendly wine products [12, 13, 18]. In UMPTs "Gornaya Polyana" VolGAU on an area of 2.5 hectares laid a vineyard under the guidance of prof. Zamanidi P.K., an agro ecological test of more than 100 grape varieties of technical grapes (60%) and tableware (40%). Further continuation of cooperation with science, peasant farms and other enterprises that grow a cover and non-cover grape culture is necessary. State support in this direction is provided for in article 34 of the law, paragraph 1: "on the organization of grape nurseries producing planting stock of grape plants that meets the requirements established by the authorized federal executive body for each grape and wine-making zone, each grape - the wine-growing region and each grape-wine-growing terroir "and paragraph 2 -" on the acquisition by the subjects of viticulture and winemaking of planting material of grape-plants of domestic production for laying vineyards ". To solve the above problems, it is necessary to more effectively use the scientific potential of specialized institutions in the region. The industry development program should identify basic farms for research and support measures for research and production. Scientific institutions, together with the basic farms, should develop long-term research programs for the creation of integrated effective technologies, including agricultural technology, land reclamation, economics, ecology, as well as accelerating the selection process.

References

1. Aleksandrov V. G., Gaina V. E. Ecological viticulture – a real perspective // Wine and viticulture. 2019. No. 2. P. 8-14.
2. Borodychev V. V., Gurenko V. M., Ovchinnikov A. S. On the issue of creating effective agrotechnologies for growing promising agricultural crops // Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern environmental technologies: SB. nauchn. Tr. Ryzan: fgbou VPO RGATU, 2014. Issue 6. P. 27-32.
3. Criteria and principles of formation of highly productive viticulture: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the memorable date-the 85th anniversary of the formation of the Anapa zonal experimental station of viticulture and winemaking. 2007. 309 p.
4. Kruzhilin I. P., Kurapina N. V., Gusev D. E. Elements of technology for growing grape seedlings under drip irrigation // Nature Management. 2008. No. 3. P. 25-29.
5. Lyubimov A. I. Vinogradov in the Stalingrad region. Stalingrad: Regional publishing, 1948. P. 11-43.
6. Magomedov M. G. Viticulture and winemaking, grapes and wine of Dagestan // Makhachkala: GAU RD "Dagestan book publishing house", 2018. 408 p.
7. Magomedov M. G., Halalmagomedov M. A., Ibragimov E. B. State and prospects of table grape production in Dagestan // Problems of agricultural development in the region. 2012. № 1(9). P. 34-44.
8. Magomedov N. D. Current state and prospects of development of viticulture and wine-making in Dagestan // Wine and viticulture. 2017. No. 1. P. 6-13.
9. Medvedev V. N. Viticulture in the Sarepta colony of Tsaritsyn County (1765-1917) // Scientific Yearbook "the Rod» / edited by M. M. Zagorulko. Volgograd: Volga. 2001. Issue 2. P. 375-383.
10. Ovchinnikov A. S., Borodachev V. V., Gurenko V. M. Prospects for the development of viticulture and winemaking in the lower Volga region // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2015. №1(37). P. 6-14.
11. Ovchinnikov A. S., Borodachev V. V., Gurenko V. M. Scientific, business and educational center of agrotechnopark-advanced technologies of agricultural production // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2014. №3(35). P. 7-12.

12. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V. Regulation of water and food regimes of the soil under drip irrigation in the conditions of the Volgograd region // *Fertility*. 2012. № 3 (29). P. 35-36.

13. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Modernization of elements of drip irrigation systems // *Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education*. 2012. № 3 (29). P. 171-174.

14. Ogonesyants L. A., Panasyuk A. L. Viticulture and wine-making in the world 2015-2016 based on the materials of OIV // *Wine and viticulture*. 2017. No. 7. P. 4-6.

15. Potapenko A. I. Russian winter-hardy grapes. Volgograd: Committee for press and information, 1999. 160 p.

16. System of intensive technologies of grape production in the Northern zone of industrial viticulture of the Russian Federation / under the general editorship of L. V. Kravchenko. Novocherkassk: GNU Vniiv named after Ya. I. Potapenko of the Russian agricultural Academy, 2010. 14 p.

17. The Method for growing root-related seedlings of grapes and a machine for its implementation: patent no. 2411716 C1 RF A01G (2006.01) / / D. V. Kozlov, Yu. I. Sukharev, S. V. Borodychev, V. M. Gurenko, V. V. Borodychev; 10.07.2009; publ. 20.02.2011 bul. no. 5.

18. Tsekhmistrenko P. E. Vinogradov in the Stalingrad region. Stalingrad: Stalingrad book publishing house, 1960. 264 p.

19. Tsiku D. M., Gusev S. E., Petrov V. S. Review of modern table grape varieties in the acute arid conditions of the South of Russia and their influence on embryonic fruitfulness // *Wine and viticulture*. 2019. № 2. P. 4-8.

20. Efficiency of combined irrigation in growing elite seedlings of the city in the conditions of the Volga region / V. V. Borodychev, M. Yu. Khrabrov, V. M. Gurenko, A.V. Mayer, S. V. Borodychev // *Complex land reclamation-the basis for increasing agricultural land productivity: materials of the anniversary international scientific conference. VNIIA*, 2014. P. 18-23.

Author information:

Ovchinnikov Alexey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academic Supervisor, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

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

Gurenko Vladimir Mikhailovich, Senior Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Melioration named after A.N. Kostyakova (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher.

Информация об авторах:

Овчинников Алексей Семенович, академик РАН, научный руководитель, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

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

Гуренко Владимир Михайлович, старший 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, старший научный сотрудник

STAGES OF DEVELOPMENT OF DRIP IRRIGATION IN CRIMEA

E. P. Borovoy¹, E. A. Khodyakov¹, V. I. Kremenskoy², A. M. Dzhaparova²¹*Volgograd State Agrarian University*²*Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea», Simferopol*

Received 01.03.2020

Submitted 10.06.2020

Abstract

Introduction. Only irrigated lands can guarantee the food security of Crimea, since natural moisture provides no more than 30% of the plant's moisture demand. For this, drip irrigation is best suited, because, compared with other irrigation methods, it can significantly increase the yield of agricultural crops, with significant savings in irrigation water. **Materials and Methods.** General scientific methods were used (the collection and systematization of the available information on the introduction of drip irrigation systems for areas and crops in the Republic of Crimea), as well as methods of statistical processing and comparative analysis were used. **Results and Discussion.** Data on the phased development of drip irrigation in Crimea are presented. Three stages of the introduction of micro-irrigation systems were identified: the Soviet period from 1976 to 1990, the Ukrainian period from 1991 to 2013 and the Russian one from 2014 to the present. The beginning of the use of drip irrigation in Crimea was 1976, when a system of drip-and-sprinkling watering of vineyards was built in the sovkhoz "Solnechnaya Dolina" in the Sudak region on an area of 14.0 hectares. The Soviet period was represented by a wide variety of types of drip irrigation systems (drip, drop-injection, drip-pulsed, micro-irrigation, subterranean, intrasoil irrigation). In the course of the research, a high economic effect was obtained from the introduction of local irrigation on perennial plantings. Since 2000, the construction of a new generation of drip irrigation systems using equipment from Israel, Italy and the USA has been started in Crimea. Irrigation pipelines began to be used with built-in through-drippers with a diameter of 12 and 16 mm, micro-outlets with an interval of 0.5 - 1.5 m, with a flow rate of 1.0 - 3.0 l / h. The dynamics of irrigated areas under drip irrigation in Crimea by years is shown. In 2013, a maximum area of 14,443 ha was watered. For 2013 and 2017, the structure of drip irrigated land with distribution of agricultural crops in Crimea was shown. The main features of the development of microirrigation for each stage of development are determined. Researches have shown that in the Soviet period (from 1976 to 1990) 2130 hectares of drip irrigation systems were built in Crimea, in the Ukrainian (from 1991 to 2013) it increased to 14443 hectares, and in the Russian (from 2014 to 2017) due to the interruption of water supply through the North Crimean Canal, it decreased to 3361 ha. However, the speed of construction of drip irrigation systems for the year changed in a different way. The lowest rates were in the Soviet period 142 hectares per year. In the Ukrainian period, they increased to 628 hectares / year, and for 4 years after the connection of Crimea to Russia, they reached the highest value of 840 hectares / year. The structure of seeding areas also changed significantly. In Soviet times, drip irrigation was used for orchards (71% of the total irrigation area) and vineyards (29%). When Crimea became Ukrainian, this method of irrigation began to be applied both to orchards (25%) and vineyards (38%), and for irrigation of vegetable and technical crops (37%). In Russian times, the minimum irrigation area of 2018 hectares (23%) was occupied by vegetable and industrial crops, bigger area- 2728 hectares (31%) for vineyards and the biggest zone - 3967 hectares (46%) for orchards. Today, drip irrigation is the most common method of watering in Crimea. The significant cost of drip irrigation systems is compensating by high crop yields and quick cost recovery. Today, government support by subsidies to agricultural manufactures contributes to the introduction of drip irrigation in new plantings of orchards and vineyards and vegetable crops.

Key words: *micro irrigation, drip irrigation of orchards and vineyards, irrigation area, irrigation modes, dropper, yield.*

Citation. Borovoy E. P., Khodyakov E. A., Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M. Stages of development of drip irrigation in Crimea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 29-39 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-02.

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 631.674.6

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В КРЫМУ

Е. П. Боровой¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. А. Ходяков¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. И. Кременской², научный сотрудник

А. М. Джапарова², младший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь

Дата поступления в редакцию 01.03.2020

Дата принятия к печати 10.06.2020

Актуальность. Гарантировать продовольственную безопасность Крыма могут только орошаемые земли, так как естественное увлажнение обеспечивает не более 30 % потребности растений во влаге. Для этого лучше всего подходит капельное орошение, поскольку, по сравнению с другими способами полива, оно позволяет значительно повышать урожай сельскохозяйственных культур, при значительной экономии оросительной воды. **Материалы и методы.** Были использованы общенаучные методы (проведен сбор и систематизация имеющейся информации по внедрению систем капельного орошения по площадям и сельскохозяйственным культурам в Республике Крым), а также методы статистической обработки и сравнительного анализа. **Результаты и обсуждение.** Представлены данные о поэтапном развитии капельного орошения в Крыму. Выделены три этапа внедрения систем микроорошения: советский период с 1976 по 1990 года, украинский – с 1991 по 2013 года и российский – с 2014 года по настоящее время. Началом использования капельного орошения в Крыму считается 1976 год, когда в совхозе «Солнечная долина» Судакского района на площади 14,0 га была построена система капельно-инъекционного полива виноградников. Советский период был представлен большим разнообразием типов систем локального орошения (капельное, капельно-инъекционное, капельно-импульсное, микродождевание, подкрановое дождевание, внутрпочвенное орошение). В процессе проведенных исследований был получен высокий экономический эффект от внедрения локального орошения на многолетних насаждениях. С 2000 года в Крыму началось строительство систем капельного орошения нового поколения с использованием оборудования из Израиля, Италии и США. Начали применяться поливные трубопроводы со встроенными проходными капельницами диаметром 12 и 16 мм, микроводовыпуски с интервалом 0,5-1,5 м, с расходом 1,0-3,0 л/час. Показана динамика орошаемых площадей под капельным орошением в Крыму по годам. В 2013 году была полита максимальная площадь 14 443 га. За 2013 и 2017 годы показана структура орошаемых земель с распределением сельскохозяйственных культур при капельном поливе в Крыму. Определены основные особенности развития микроиригации для каждого этапа развития. За 2013 и 2017 года на круговых диаграммах представлена структура орошаемых земель под капельным орошением Крыма. Определены основные особенности развития микроорошения по каждому этапу развития.

Ключевые слова: микроорошение, капельное орошение садов, капельное орошение виноградников, площадь орошения, способы полива садов, капельницы.

Цитирование. Боровой Е. П., Ходяков Е. А., Кременской В. И., Джапарова А. М. Этапы развития капельного орошения в Крыму. *Известия НВ АУК.* 2020. 2 (58). 29-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-02.

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. Орошение – важный фактор в повышении рентабельности выращивания сельскохозяйственной продукции в условиях недостаточного естественного увлажнения. Гарантировать продовольственную безопасность Крыма могут только орошаемые земли, так как естественное увлажнение обеспечивает не более 30 % потребности растений во влаге, остальное компенсируется за счет орошения [2].

Развитие капельного орошения обусловлено рядом технологических, экологических, конструктивных и агротехнических преимуществ по сравнению с традиционными способами полива. При этом способе полива экономия оросительной воды обеспечивается за счет локального характера увлажнения почвы и отсутствия сброса воды за пределы активного слоя почвы (Ходяков Е. А., 2002 и др.).

Подача воды в зону наиболее интенсивного ее потребления растениями осуществляется в соответствии с биологическими особенностями насаждений. Локальный полив растений обеспечивает оптимальные условия для роста и развития многолетних насаждений и высокие и стойкие урожаи сельскохозяйственных культур. При капельном поливе зона эффективного и постоянного увлажнения почвы зависит от оптимального количества капельниц, установленных возле многолетнего насаждения и схемы их водоподачи при локальном увлажнении [6].

Материалы и методы. Были использованы следующие методы: общенаучные (проведен сбор и систематизация имеющейся информации по внедрению систем капельного орошения по площадям и сельскохозяйственным культурам в Республике Крым), специальные (по собранным материалам были составлены таблицы, построены графики), а также методы статистической обработки и сравнительного анализа. По имеющимся материалам был дан анализ динамики изменения площадей микроорошения, начиная с 1976 по 2017 гг., а также освещены проблемы и перспективы внедрения систем капельного орошения в Крыму.

Результаты и обсуждение. *Советский этап развития капельного орошения в Крыму.* Крымский полуостров является пионером внедрения капельного орошения виноградников и плодовых культур в странах постсоветского пространства. Впервые система капельно-инъекционного орошения виноградников была построена в 1976 г. в совхозе-заводе «Солнечная долина» Судакского района на площади 14 га. Затем Всесоюзным научно-производственным объединением по механизации и орошению «Радуга» (г. Коломна) была создана система капельно-импульсивного орошения деревьев груши в совхозе-заводе «Алушта» на площади 7,0 га в существующем саду.

В 1977 г. построены системы капельного орошения в яблоневом саду с использованием оборудования фирмы «Rain Bird» (США) в совхозе «Виноградный» Симферопольского района на площади 74 га. Крымским отделом производственно-технического бюро (ПТБ) «Водиндустрия» Института гидротехники и мелиорации УААН (ИГиМ) была разработана система капельно-струйного орошения «Таврия» с подземной укладкой поливных трубопроводов и выводом капельницы на поверхность земли у ствола дерева. По данной технологии до посадки яблоневого сада был построен опытно-производственный участок на площади 12 га в колхозе им. Ленина Красногвардейского района. Со временем площадь орошения постепенно увеличилась до 425 га. В 1987 году системы капельного орошения уже функционировали на 23 участках в 14 хозяйствах Крыма, в том числе на 12 участках орошались плодовые культуры и на 11 участках – виноградники. Общая площадь садов и виноградников в 1987 году, оснащенных системами капельного орошения, составляла 1073 га.

В 1990 году в Крыму системы локального полива функционировали в 29 хозяйствах на площади 2130 га, из них в плодовых садах – 1500 га и на виноградниках – 600 га. Наиболее крупные системы капельного орошения были построены в Красногвар-

дейском районе в колхозе «им. Ленина», которые увеличились до площади 425 га, колхозе «Россия» – 360 га в семечковых садах и в экспериментальном производственном хозяйстве «Мир» в персиковом саду – 130 га. На микроорошении в Симферопольском районе в совхозе «Янтарный» на площади 145 га были заложены плодовый сад и в совхозе «Заветное» на 123 га – виноградник. На склоновых землях в совхозах-заводах «Таврида», «Гурзуф», «Малореченский» и «Морской» было более 200 га виноградников, орошаемых капельным способом полива.

В основном системы капельного орошения использовали капельницы, разработанные Крымским отделом ПТБ «Водиндустрия» Института гидротехники и мелиорации и Научно-исследовательским институтом орошаемого садоводства НААН (НИИОС г. Мелитополь, Запорожская область). На более чем 50 % от всех площадей поливаемых капельным способом применялись капельницы «Таврия», на более 20 % – «К-383» НИИОС (г. Мелитополь). На рисунке 1 представлены капельницы, наиболее часто используемые в Крыму.



Рисунок 1 – Капельницы, используемые в Крыму в советский период:

1 – поплавковая капельница «Таврия»; 2 – капельница с двумя выходами фирмы «Rain Birol» США; 3 – капельница «К-383» НИИОС НААН, г. Мелитополь

Figure 1 – Droppers used in Crimea during the Soviet period:

1 – float dropper “Tavria”; 2 – dropper with two exits of the company «Rain Birol» USA;
3 – dropper «K-383» NIIOs NAAN, city Melitopol

По данным Сторчоуса В. Н. (2005), в колхозе «им. Ленина» Красногвардейского района урожайность яблони сорта Голден Делишес на шестом году после посадки составила 38 т/га, Ренет Симиренко – 30 т/га, а сорта Голдспур на сильнорослом подвое – до 80 т/га.

В опытном хозяйстве Крымского филиала ИГиМ с. Желябовка Нижнегорского района в пальметном яблоневом саду за период с 1981 по 1993 год при внутрипочвенном и капельном орошении средняя урожайность составила 27,8-36,9 т/га, что в 1,5-2 раза выше, чем при поливе по бороздам на площади 14 га. Максимальный урожай был получен в 1985 г., который составил 66,8 т/га, по сорту Голден Делишес. В опытном хозяйстве Крымской станции садоводства в 1983 г. на площади 6 га урожайность деревьев яблони составила 128 т/га плодов (Сторчоус В. Н. 2003).

За годы использования капельного орошения средняя урожайность яблони составила 25 т/га, груши – 19 т/га, персика – 20 т/га. В совхозе-заводе «Приветное» при капельном орошении груши урожайность составила 26 т/га, тогда как при поливе по бороздам только 9,7 т/га. В Государственном Никитском ботаническом саду при этом способе полива была получена урожайность персика 19-27 т/га, а деревьев, которые растут на участках с поливом по бороздам, только 5,6 т/га.

Системы капельного орошения эксплуатировались в Красногвардейском районе (плодовые сады), Симферопольском районе (сады и виноградники), в предгорных и горных районах городов Алушты, Судака и Ялты (виноградники). За советский период с 1976 по 1990 гг. были построены системы капельного орошения на площади 2130 га, из которых регулярно поливали 1799 га, или 85 %, включая около 200 га многолетних насаждений. В советский период системы капельного орошения строились за счет государства.

Украинский этап развития капельного орошения в Крыму с 1991 по 2013 год. В 1993 г. микроорошение использовалось для полива садов и виноградников на площади около 2500 га. Крым является своеобразным полигоном для испытания систем капельного орошения. В свое время здесь были представлены практически все типы и разновидности локального орошения (капельное, капельно-инъекционное, капельно-импульсивное, подкоровое микродождевание, автоматизированная система внутрипочвенного орошения яблоневого сада и виноградника) [2].

Научные исследования позволили отойти от классического варианта капельного орошения. Здесь стали разрабатывать различные типы систем капельного орошения, которые оказались технически совершенными, с низкой технологической надежностью капельниц, отдельных узлов и деталей системы, фильтров очистки воды. В основном применялись капельницы тупикового типа с расходом 6-10 л/час, которые через 3-4 года забивались илестыми частицами и водорослями. Однако при всех недостатках была обнаружена эффективность локального увлажнения почвы в зоне наибольшего ее иссушения. Научно-обоснованные технологии микроорошения обеспечили сокращение объемов поливной воды и затрат на ее подачу, а также повышение урожайности сельскохозяйственных культур в 1,5-3 раза (Кременской В. И., Джапарова А. М., 2018).

По многим причинам начиная с 1993 по 2000 года системы микроорошения в Крыму практически не строились, а имеющиеся были разворованы и не эксплуатировались. С 2000 года начались разработка и строительство систем капельного орошения нового поколения с использованием зарубежного оборудования израильского, итальянского и американского производства. Стали применять поливные трубопроводы со встроенными проходными капельницами диаметром 12 мм, 16 мм. Микропроводы устанавливались с интервалом 0,5-1,5 м по длине трубопровода. Расход микропроводов уменьшился до 1,0-3,0 л/час, что позволило уменьшить диаметры трубопроводов и снизить стоимость системы орошения. Проведенные научные исследования позволили перейти от очагового увлажнения почвы к полосовому вдоль ряда деревьев и внедрить уплотненные схемы посадок плодовых культур в интенсивных садах. Системы капельного орошения нового поколения были построены компанией «AIK Ltd» (ООО «Аква Вита») в садах ГП «Плодовое» Бахчисарайского района и на виноградниках СПК «Изумрудный» Джанкойского района, ОАО совхоза «Солнечная долина» и в совхозе «Коктебель» Судакского района [1].

Если в 2000 г. капельным способом поливалось 376 га многолетних сельскохозяйственных культур, построенных еще в 80 и 90-е годы прошлого века, то в 2005 г. уже поливалось 1749 га. В связи с внедрением нового зарубежного оборудования и передовых технологий строительства, ежегодный прирост достигал до 1,5 тыс. га. С 2010 по 2013 гг. орошаемый массив увеличился с 9116 га до 14 443 га. Прирост площадей под микроорошением составил 2766 га. По многолетним насаждениям посадки возросли на 514,3 га, из них 231,7 га сады и 243,2 га виноградники. Введена в эксплуатацию система капельного орошения ореха фундука на площади 150 га в Сакском районе.

В 2013 году на 223,8 га увеличились площади на микроорошении под овощными культурами, под бахчевыми – на 63,5 га, а под картофелем – только на 14,8 га. В этом году масштабное внедрение было отмечено в посевах кукурузы при капельном поливе

в Сакском и Красногвардейском районах на площади 1150 га. Была построена и вступила в эксплуатацию система капельного орошения кукурузы на площади 634 га в ООО «Укрзернопром Уютный» Сакского района. Эта система спроектирована и построена израильской компанией «Netafim». Стоимость строительства составила 1 млн долларов (Netafim, 2002).

В 2013 г. многолетние насаждения в Крыму, орошаемые капельным способом, занимали 62,8 % от всей политой площади. Однолетние культуры (овощи) занимали 15,5; бахчевые культуры – 5,6, картофель – 0,9; кукуруза и другие пропашные культуры – 13,7 % от общей поливной территории.

Российский этап развития капельного орошения в Крыму с 2014 по 2017 год. В связи с прекращением подачи воды по Северо-Крымскому каналу в 2014 году, площадь орошаемых земель уменьшилась со 136,8 до 17,7 тыс. га, или в 7,7 раз (таблица 1). Площадь сельскохозяйственных культур при капельном поливе в 2014 году снизилась с 14,4 до 5,4 тыс. га, то есть в 2,7 раза, однако её доля в общей площади орошаемых земель возросла с 10,6 до 30,2 %.

Таблица 1 – Площади капельного орошения в Крыму

Table 1 – Area of drip irrigation in the Crimea

Год/ Year	Общая площадь орошаемых земель, тыс.га / The total area of irrigated land, thousand ha	Капельное орошение / drip irrigation	
		тыс. га / thousand ha	доля общей площади орошаемых земель / part of the total area of irrigated land, %
1990	364,0	1,8	0,5
2010	139,4	9,3	6,5
2013	136,8	14,4	10,6
2014	17,7	5,4	30,2
2015	10,4	4,2	40,2
2016	11,7	6,6	56,6
2017	14,0	8,7	62,1

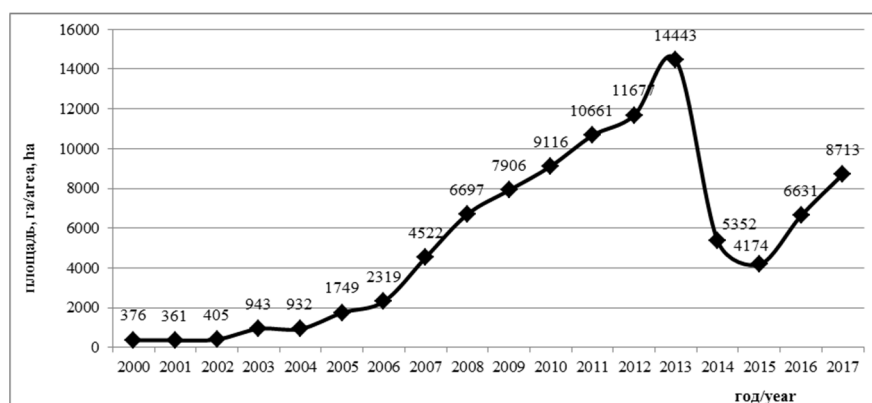


Рисунок 2 – Динамика площади орошаемых земель при капельном поливе за 18 лет использования в Республике Крым

Figure 2 – Dynamics of irrigated land area with drip watering for 18 years of use in the Republic of Crimea

Капельное орошение стало ведущим способом полива в Крыму. Исследования показали, что микроорошение в процентном отношении стабильно увеличивается, подтверждая высокую эффективность и экологическую безопасность этого способа полива (рисунок 2).

Начиная с 2000 г. площадь орошаемых земель при капельном поливе постепенно нарастала, достигая максимума 14 443 га в 2013 г. После этого, в связи с прекращением подачи воды по Северо-Крымскому каналу, она резко снизилась до 4174 га (почти в 8 раз), а затем, начиная с 2015 г., она стала вновь увеличиваться до 14,0 тыс. га в 2017 г.

Структура орошаемых земель при капельном способе полива в Крыму в 2017 г. представлена на рисунке 3.

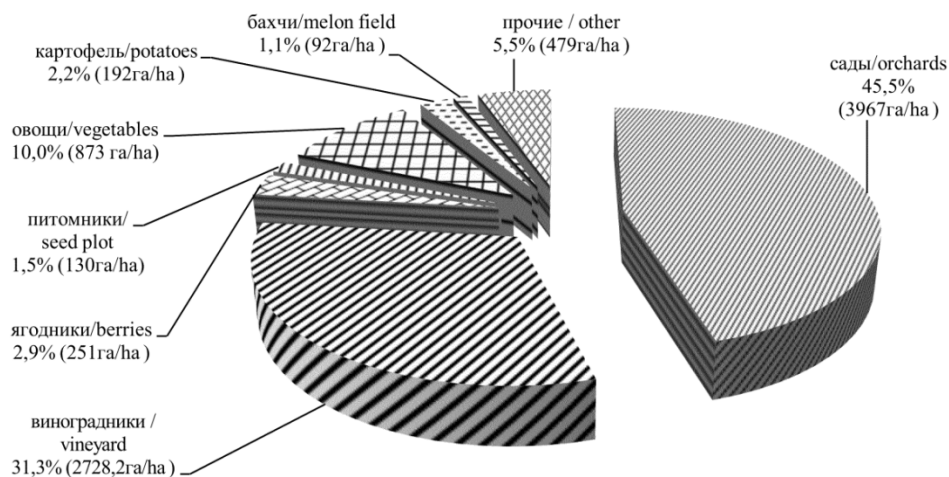


Рисунок 3 – Структура орошаемых земель при капельном орошении в Республике Крым в 2017 г.

Figure 3 – The structure of irrigated lands under drip irrigation in the Republic of Crimea in 2017

В 2017 г. площади орошаемых земель, по сравнению с 2016 г., увеличились на 2321 га, в том числе с капельным способом полива – на 2082 га.

По данным Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым, в 2017 году в крымском регионе орошалось 14 036 га, из которых 8713 га поливалось капельным способом.

В итоге доля капельного орошения в общей площади орошаемых земель за 27 лет в Крыму возросла с 0,5 % в 1990 г. до 62,1 % в 2017 г.

По структуре посевных площадей следует отметить, что в 2017 г. многолетние насаждения занимали 7076 га, или 82,6 % от всех площадей, орошаемых капельным способом. На оставшейся части поливной площади при капельном орошении выращивали такие однолетние культуры, как овощи (873 га, или 10,0 % территории), кукуруза и другие пропашные культуры (479 га, или 5,5 %), картофель (192 га, или 2,2 %) и бахчевые культуры (92 га, или 1,1 %). Такая структура посевных площадей сохранилась и на сегодняшний день. Для овощных культур и картофеля – это очень малая площадь для Крыма.

Говоря о поливе многолетних насаждений, следует отметить, что в 2017 г. капельным способом полива орошалось 3967 га садов. В сравнении с 2016 г. их площадь увеличилась на 680 га. Наибольшее количество фруктовых садов, орошаемых капельным способом находилось в Красногвардейском районе, где в 2017 году поливали 1225 га (30,9 % от общей площади полива садов при капельном орошении), в Бахчисарайском районе – 947 га (23,9 %) и в Симферопольском районе – 658,0 га (16,6 %).

Самые крупные хозяйства, занимающиеся садоводством, были АО «Крымская фруктовая компания» (1137 га), ООО «Яросвит-Агро» (500 га), ООО «Сады Бахчисарая» (270 га) и ООО «Бахчисарайская долина» (204 га).

За рубежом тоже многосторонне изучают капельное орошение для садов. Такие многолетние научные исследования проводят в Испании [10], Канаде [11], Китае [7], США [8] и других странах.

В Крыму в 2017 году капельным способом поливалось 2728 га виноградников, прибавка за истекший год составила 609 га. По виноградникам ведущее место занимали Бахчисарайский район (1470 га, или 54 % от общей площади), Сакский район (502 га, или 18,4 %) и г. Судак (392 га, или 14,4 %).

Самые крупные хозяйства, занимающиеся виноградарством, были ПАО «Бурлюк» (684 га), ООО «Крымские виноградники» (502 га), агрофирма «Черноморец» (448 га), ФГУП ПАО «Массандра» с филиалами в г. Алушта и г. Судак (404 га), АО «Солнечная долина» (199,5 га) и ООО «Инвест плюс» (177 га).

Хорошие результаты получены в США [9] и Китае [12] по эффективному выращиванию виноградников при капельном орошении в сравнении с другими способами полива.

Полученные результаты в Крыму позволили установить характерные особенности каждого этапа развития этого способа полива:

1. *Советский период.* Применялись все типы и разновидности локального микроорошения (капельное, капельно-инъекционное, капельно-импульсное, микродождевание, подкоровое дождевание, внутрипочвенное орошение), тупиковые капельницы с расходом поливной воды 6-10 л/час, очаговое увлажнение.

2. *Украинский период.* Стали использоваться системы капельного орошения нового поколения, зарубежное оборудование, поливные трубопроводы со встроенными проходными водовыпусками диаметром 12 и 16 мм, микроводовыпуски устанавливаются с интервалом 0,5-1,5 м по длине трубопровода. Расход капельниц 1,0-3,0 л/час. Увлажнение полосовое вдоль ряда растений. Водозабор из Северо-Крымского канала и местных водных источников.

3. *Российский период.* Продолжают применяться поливные трубопроводы со встроенными проходными водовыпусками зарубежного и отечественного производства, диаметром 12 и 16 мм с теми же параметрами. Однако в связи с прекращением подачи воды из Северо-Крымского канала площади орошения резко сократились, и остался только водозабор из местных водных источников (поверхностных и подземных вод).

Научные исследования и производственный опыт использования систем микроорошения в Крыму и России, начиная с советских времён, и особенно за последние 10-15 лет, свидетельствуют, что капельное орошение с локальным увлажнением почвы, позволяет оптимизировать водный режим в насаждениях, обеспечивает подачу воды в активную корнеобитаемую зону почвы оптимальными нормами в оптимальные сроки, сведя к минимуму непроизводительные её потери. Значительная стоимость систем капельного орошения компенсируется высокой урожайностью сельскохозяйственных культур и быстрой окупаемостью затрат. Сегодня государственная поддержка субсидиями сельхозпроизводителей способствует внедрению капельного полива в новых насаждениях садов и виноградников и овощных культур.

На основании проведенных исследований и обобщения полученных результатов составлена таблица 2 с этапами внедрения систем капельного орошения и структурами орошаемых земель в Крыму.

В настоящее время, когда Киев перекрыл Северо-Крымский канал, проблема орошения в Крыму встала очень остро. Начали искать новые источники воды для орошения. В частности, очищенные разбавленные сточные канализационные воды г. Симферополь [3, 4] и грунтовые воды. А из способов полива наиболее эффективным по экономии воды и урожайности сельскохозяйственных культур стало капельное орошение.

Многолетние наблюдения показали, что прибавка урожая при капельном орошении по сравнению с дождеванием достигает на плодовых породах и виноградниках 20-40 %, на овощных культурах – 50-80 % и более, при этом овощи созревали на 5-10 дней раньше обычного срока. При достаточном водоснабжении Крым может дать до 1 млн т ценных южных плодов [5].

Таблица 2 – Этапы развития капельного орошения в Крыму

Figure 2 – The stages of development of drip irrigation
in the Republic of Crimea in 2017

Этапы / stages	Период, гг./Period, years	Построено систем ка- пельного оро- шения, га / Built drip irrigation systems, ha	Темпы строительства систем капельного орошения за год, га / The speed of construc- tion of drip irrigation systems for the year, ha	Структура сельскохозяйственных культур, га/% / The structure of crops, ha/%		
				сады / gardens	виноград- ники / vine yards	овощи и техни- ческие культуры / vegetables and technical crops
Советский / Soviet	1976- 1990	2130	142	$\frac{1500}{71}$	$\frac{600}{29}$	-
Украинский / Ukrainian	1991- 2013	14443	628	$\frac{3659}{25}$	$\frac{5415}{38}$	$\frac{5369}{37}$
Российский / Russian	2014- 2017	3361	840	$\frac{3967}{46}$	$\frac{2728}{31}$	$\frac{2018}{23}$

Выводы. Проведённые исследования показали, что в советский период (с 1976 по 1990 гг.) в Крыму было построено 2130 га систем капельного орошения, в Украинский (с 1991 по 2013 гг.) возросло до 14 443 га, а в российский (с 2014 по 2017 гг.) из-за прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу – снизилось до 3361 га. Однако темпы строительства систем капельного орошения за год изменялись по иной зависимости. Самые низкие темпы были в Советский период 142 га/год. В Украинский период они возросли до 628 га/год и за 4 года после присоединения Крыма к России достигли наибольшей величины 840 га/год. При этом структура посевных площадей тоже изменялась значительно. В советские времена капельное орошение применялось для садов (71 % общей площади полива) и виноградников (29 %). Когда Крым стал украинским, этот способ полива стал применяться как для садов (25 %) и виноградников (38 %), так и для орошения овощных и технических культур (37 %). В российские времена минимальная площадь полива 2018 га (23 %) была занята овощными и техническими культурами, более высокая – 2728 га (31 %) виноградниками и в наибольшей степени – 3967 га (46 %) садами.

Библиографический список

1. Боровой Е. П., Кременской В. И., Иванютин Н. М. Капельное орошение как основа развития плодородства на юге Российской Федерации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 246-255.
2. Волкова Н. Е., Сейтумеров Э. Э., Попович В. В. Внедрение водосберегающих способов полива – основа устойчивого развития орошаемого земледелия Республики Крым // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Новочеркасск: Рос НИИПМ. 2015. №2 (58). С. 93-98.
3. Перспектива выращивания свёклы при поливе очищенной сточной водой в Крыму / Е. П. Боровой, Е. А. Ходяков, В. И. Кременской, А. М. Джапарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №3 (51). С. 145-152.
4. Получение семян сахарной свёклы из штеклингов с использованием очищенных сточных вод в Крыму / Е. П. Боровой, Е. А. Ходяков, В. И. Кременской, А. М. Джапарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №3 (55). С.42-50.
5. Сторчоус В. Н. Капельное орошение - резерв экономии воды при выращивании винограда, плодовых и овощных культур в Крыму // Наукові праці ПФ НУБіПУ (КАТУ) Серія «Сільськогосподарські науки». 2014. Вип. 161. С. 148-153.
6. Ясонида О. Е. Капельное орошение: монография. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
7. Application of the DNDC model to estimate N₂O emissions under different types of irrigation in vineyards in Ningxia, China / Z. Yajie, N. Haishan, W. Shiping, X. Kun, W. Rui // Agricultural Water Management. 2016. Vol. 1631. P. 295-304.

8. Comparison of irrigation automation algorithms for drip-irrigated apple trees / O. Yasin, T. P. Robert, S. C. Colin, Z. Qin // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2016. Vol. 128. P. 87-99.
9. Data assimilation of high-resolution thermal and radar remote sensing retrievals for soil moisture monitoring in a drip-irrigated vineyard / L. Fangni, T. C. Wade, P. K. William, D. Jianzhi, D. Nick // *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 23915. Article 111622.
10. Effects of deficit irrigation strategies on soil salinization and sodification in a semiarid drip-irrigated peach orchard / R. Aragüesa, E. T. Medinaa, A. Martínez-Cobb, J. Facia // *Agricultural Water Management*. 2014. Vol. 14. P. 1-9.
11. Effect of drip irrigation frequency, nitrogen rate and mulching on nitrous oxide emissions in a semi-arid climate: An assessment across two years in an apple orchard / M. F. Mesfin, F. N. Craig, D. J. Melanie, H. N. Gerry, D. H. Kirsten // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. Vol. 2351. P. 242-252.
12. Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China / Z. Yun, F. Liangjun, L. Yibo, Z. Jian, D. Zhiguang // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 2221. P. 221-230.

Conclusions. Researches have shown that in the Soviet period (from 1976 to 1990) 2130 hectares of drip irrigation systems were built in Crimea, in the Ukrainian (from 1991 to 2013) it increased to 14443 hectares, and in the Russian (from 2014 to 2017) due to the interruption of water supply through the North Crimean Canal, it decreased to 3361 ha. However, the speed of construction of drip irrigation systems for the year changed in a different way. The lowest rates were in the Soviet period 142 hectares per year. In the Ukrainian period, they increased to 628 hectares / year, and for 4 years after the connection of Crimea to Russia, they reached the highest value of 840 hectares / year. The structure of seeding areas also changed significantly. In Soviet times, drip irrigation was used for orchards (71% of the total irrigation area) and vineyards (29%). When Crimea became Ukrainian, this method of irrigation began to be applied both to orchards (25%) and vineyards (38%), and for irrigation of vegetable and technical crops (37%). In Russian times, the minimum irrigation area of 2018 hectares (23%) was occupied by vegetable and industrial crops, bigger area- 2728 hectares (31%) for vineyards and the biggest zone - 3967 hectares (46%) for orchards. Today, drip irrigation is the most common method of watering in Crimea.

References

1. Borovoj E. P., Kremenskoj V. I., Ivanyutin N. M. Kapel'noe oroshenie kak osnova razvitiya plodovodstva na yuge Rossijskoj Federacii // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2016. № 4 (44). P. 246-255.
2. Volkova N. E., Sejtumerov Je. Je., Popovich V. V. Vnedrenie vodosberegayuschih sposobov poliva - osnova ustojchivogo razvitiya oroshaemogo zemledeliya Respubliki Krym // *Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. Novoherkassk: Ros NIIPM. 2015. №2 (58). P. 93-98.
3. Perspektiva vyraschivaniya svekly pri polive ochischennoj stochnoj vodoj v Krymu / E. P. Borovoj, E. A. Hodyakov, V. I. Kremenskoj, A. M. Dzhaparova // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. №3 (51). P. 145-152.
4. Poluchenie semyan saharnoj svjokly iz shteklingov s ispol'zovaniem ochischennyh stochnyh vod v Krymu / E. P. Borovoj, E. A. Hodyakov, V. I. Kremenskoj, A. M. Dzhaparova // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2019. №3 (55). P.42-50.
5. Storhous V. N. Kapel'noe oroshenie - rezerv jkonomii vody pri vyraschivanii vinograda, plodovyh i ovoschnyh kul'tur v Krymu // *Naukovi praci PF NUBiPU (KATU) Seriya "Sil'skogospodars'ki nauki"*. 2014. Vol. 161. P. 148-153.
6. Yasonidi O. E. Kapel'noe oroshenie: monografiya. Novoherkassk: Lik, 2011. 322 p.
7. Application of the DNDC model to estimate N2O emissions under different types of irrigation in vineyards in Ningxia, China / Z. Yajie, N. Haishan, W. Shiping, X. Kun, W. Rui // *Agricultural Water Management*. 2016. Vol. 1631. P. 295-304.
8. Comparison of irrigation automation algorithms for drip-irrigated apple trees / O. Yasin, T. P. Robert, S. C. Colin, Z. Qin // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2016. Vol. 128. P. 87-99.

9. Data assimilation of high-resolution thermal and radar remote sensing retrievals for soil moisture monitoring in a drip-irrigated vineyard / L. Fangni, T. C. Wade, P. K. William, D. Jianzhi, D. Nick // *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 23915. Article 111622.

10. Effects of deficit irrigation strategies on soil salinization and sodification in a semiarid drip-irrigated peach orchard / R. Aragüesa, E. T. Medina, A. Martínez-Cobb, J. Facia // *Agricultural Water Management*. 2014. Vol. 14. P. 1-9.

11. Effect of drip irrigation frequency, nitrogen rate and mulching on nitrous oxide emissions in a semi-arid climate: An assessment across two years in an apple orchard / M. F. Mesfin, F. N. Craig, D. J. Melanie, H. N. Gerry, D. H. Kirsten // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. Vol. 2351. P. 242-252.

12. Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China / Z. Yun, F. Liangjun, L. Yibo, Z. Jian, D. Zhiguang // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 2221. P. 221-230.

Author information:

Borovoy Evgeny Pavloich, Head of Department "Land Reclamation and Complex Use of Water Resources" of Volgograd State Agrarian University (26 Universitetsky Avenu, Volgograd, Russia, 400002) Doctor of Science (Agriculture), Professor.

Khodyakov Evgeny Alexeevich-Professor of Department "Land Reclamation and Complex Use of Water Resources" of Volgograd State Agrarian University (26 Universitetsky Avenu, Volgograd, Russia, 400002) Doctor of Science (Agriculture), Professor. ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2213-7860> E-mail: E419829@yandex.ru

Kremensky Vladimir Ivanovich, Researcher of Department of Digital Monitoring and Modeling of Agroecosystems, Agricultural Research Institute of Crimea, 150 Kievskaya street, Simferopol, Russia, 295453

Dzhaparova Ayshe Muzafarova, specialist of Department of Digital Monitoring and Modeling of Agroecosystems, Agricultural Research Institute of Crimea, 150 Kievskaya street, Simferopol, Russia, 295453

Информация об авторах:

Боровой Евгений Павлович, заведующий кафедрой "Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, E-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Ходяков Евгений Алексеевич, профессор кафедры "Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2213-7860> E-mail: E419829@yandex.ru

Кременской Владимир Иванович, научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (РФ, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), E-mail: kvi19497@rambler.ru

Джапарова Айше Музафаровна, специалист отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (РФ, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), E-mail: dja-ajj@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-03

MODELING OF CONECTION OF CROP YIELDS OF VOLGOGAD REGION AND PRECIPITATION IN MAY AND JUNE

Yu. I. Vasilyev, A. M. Belyakov, M. V. Nazarova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

Summary

The article presents the results of studies on the assessment of grain yield on the Volgograd region chestnut soils and May-June precipitation. Studies have shown that the May-June precipitation plays a leading role in the formation of cereal productivity, as plants undergo responsible stages of growth and development during this period.

Abstract

Introduction. In modern conditions of Russian agro-industrial complex development food safety of the country remains important. The obtained research material, provided that long-term forecasts for May-June precipitation are further developed and absorbed in association with relief characteristics, can be used in the future to predict the region food safety, including under changing weather and climatic conditions. Clarification of the correlation relationship "yield - precipitation" across the natural zones of the region is also important. **Object.** The object of the research is statistical data on precipitation and crop yield for a long period in the Volgograd region. **Materials and methods.** Data from the meteorological station of the Volgograd State Agrarian University and statistics on crop yields of the Volgograd region were used. The analysis method and EXCEL 2010 (14) were used to process statistics. **Results and conclusions.** As calculations show, theoretically the coefficient of photosynthetic active radiation absorption, under favorable weather-climatic conditions can reach about 2.5%. In practice, the FAR efficiency is 0.3-0.6% and is dependent on the presence of NPK in the soil and the moisture-thermal regime of the year. Mathematical correlation relationships between grain crop yield and May-June precipitation has been found (on the example of the territory of the Volgograd region). The correlation coefficient is 0.85 and the determination coefficient is 0.72, hence the crop yield depends by 72% on the precipitation in May-June, and by 28% on other factors, which can include: human factor (cultivation technology), orography of the terrain, precipitation (other period of time of falling) and biology of the crop, or more precisely, its varieties. It has been found that yield is closely related to root mass formation in general and to precipitation during the noted periods, in particular, to responsible phases of plant growth and development. Such phases are: stem phase, flaking phase and grain filling phase. Moisture limitation in the period preceding these phases is reflected in the rate of root formation, and accordingly their mass, which in turn leads to a decrease in the agriculture yield.

Key words: *productivity, precipitation, correlation, development phase, forecasting.*

Citation. Vasilyev Yu. I., Belyakov A. M., Nazarova M. V. Modeling of conection of crop yields of volgograd region and precipitation in may and june. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 39-45 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-03.

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 633.11:631.559:551.51(470.45)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСАДКОВ МАЯ-ИЮНЯ

Ю. И. Васильев, доктор сельскохозяйственных наук, консультант

А. М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. В. Назарова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. В современных условиях развития АПК России остается важным продовольственная безопасность страны. Полученный материал исследований при условии дальнейшей разработки долгосрочных прогнозов по майско-июньским осадкам и их усвоении в связке с рельефными характеристиками, возможно в перспективе использовать для прогноза продовольственной безопасности региона, в том числе при изменяющихся погодно-климатических условиях. Важны также уточнения корреляционной зависимости «урожайность – осадки» по природным зонам региона. **Объект.** Объектом исследований являются статистические данные по осадкам и урожайности зерновых культур за многолетний период по Волгоградской области. **Материалы и методы.** Использовались данные метеорологической станции Волгоградского государственного аграрного университета и статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур Волгоград-

ской области. Для обработки статистических данных применяли метод анализа и программу EXCEL 2010 (14). **Результаты и выводы.** Как показывают расчеты, теоретически коэффициент усвоения фотосинтетически активной радиации, при благоприятных погодно-климатических условиях может достигать порядка 2,5 %. На практике КПД ФАР имеет значения на уровне 0,3-0,6 % и находится в зависимости от наличия НРК в почве и влажностно-термического режима года. Найдены математические корреляционные зависимости между урожайностью зерновой сельскохозяйственной культуры и майско-июньскими осадками (на примере территории Волгоградской области). Коэффициент корреляции равен 0,85, а коэффициент детерминации – 0,72, следовательно, урожайность сельскохозяйственной культуры на 72 % зависит от осадков в мае-июне, а на 28 % – от других факторов, к которым можно отнести: человеческий фактор (технологии возделывания), орографию местности, осадки (другого периода времени выпадения) и биологию сельскохозяйственной культуры, а точнее, ее сорта. Выявлено, что урожайность тесно связана с формированием корневой массы вообще и с осадками в отмеченные периоды, в частности, перед ответственными фазами роста и развития растений. Такими фазами являются фаза стеблевания, фазы колошения и налива зерна. Лимитирование по влаге в период, предшествующий указанным фазам, отражается на скорости формирования корней, и соответственно их массы, что в свою очередь приводит к снижению урожайности с.-х. культур.

Ключевые слова: урожайность зерновых, условия возделывания зерновых, фазы развития зерновых, прогнозирование урожая.

Цитирование. Васильев Ю. И., Беляков А. М., Назарова М. В. Моделирование связи урожайности зерновых культур Волгоградской области и осадков мая-июня. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 39-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-03.

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. Ряд публикаций [2, 4, 9, 10, 11] свидетельствует о том, что продукционная составляющая зерновой культуры определяется несколькими факторами: биологическими свойствами сельскохозяйственной культуры, солнечной радиацией (фотосинтетически активной радиации), температурно-влажностными режимами и режимом питания. По сути, последние три фактора определяют коэффициент усвоения фотосинтетической активной радиации. Как показывают расчеты, теоретически коэффициент усвоения фотосинтетически активной радиации при благоприятных погодно-климатических условиях может достигать порядка 2,5 %. Но обычно на практике его величина бывает значительно меньшей на уровне 0,3-0,6 % и находится в зависимости от наличия НРК в почве и влажностно-термического режима года. Конечно, влияет на его величину и технология возделывания сельскохозяйственной культуры, а точнее, возможности наиболее рационального использования накапливаемой в почве влаги [12]. В этом плане уместно отметить и положительную роль лесной мелиорации [5, 6].

Полезащитные лесные полосы, регулируя ветровой режим, формируют и сохраняют снежные шлейфы вблизи лесонасаждений и существенно влияют на испарительный процесс с поля (Васильев Ю. И., Сергеева И. С., 2007).

Следует отметить и еще один очень важный момент. Дело в том, что Волгоградская область расположена особым образом, имеет определенные особенности, связанные с рельефной структурой, почвенно-климатической контрастностью и специфическими циркуляционными процессами [7].

Во-первых, территория региона расположена достаточно далеко от океана. Поэтому и климат здесь резко континентальный с высокой солнечной радиацией. Во-вторых, эта территория со сложным рельефом и большим разнообразием почв (по типу и разновидностям). В-третьих, здесь часто сказывается влияние устойчивого блокиру-

ющего антициклона с центром над южным Уралом. Кстати, в климатологии выделяют именно эти три климатообразующих фактора: солнечная радиация, подстилающая поверхность и циркуляция атмосферы.

Радиационный фактор определяет на Земле тепловые свойства и влагооборот. Общая же циркуляция атмосферы является главной причиной разного распределения осадков и увлажнения разных территорий. Следовательно, они и являются причиной образования типов почвы разной зональности и т.д. К этой же сфере относится и рельеф местности. Он способствует перераспределению осадков в горизонтальной плоскости.

Отсюда, по своим продуктивным свойствам, территория Волгоградской области крайне разнообразна.

Целью исследований являлась разработка модели «погода – урожай» и продовольственная безопасность региона на перспективу.

Материалы и методы. Использовались данные метеорологической станции Волгоградского государственного аграрного университета и статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур Волгоградской области. Для обработки статистических данных применяли метод анализа и программу EXCEL 2010 (14).

Результаты и обсуждение. Существует утверждение [1], что если моделировать изменение одной равноправной переменной с учетом другой (находить корреляционную зависимость), то лучше оперировать средними статистическими данными. Иначе говоря, корреляционная статистическая связь действует лишь в среднем, а не для отдельных наблюдений. Степень же различия средних и фактических значений определяются коэффициентом корреляции. Роль же данного определяющего фактора находится по коэффициенту детерминации.

В этом плане, с учетом описанного выше, мы попытались найти связь между урожайностью зерновой культуры (пшеницы) и количеством осадков за май-июнь, выпадающих на территории Волгоградской области [6]. При этом был использован ряд данных в период с 1962 по 2004 годы (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Исходные данные по урожайности зерновых культур в зависимости от количества осадков в мае-июне на территории Волгоградской области

Table 1 – Initial data on grain crop yield depending on rainfall in May-June in the territory of the Volgograd region

№ п/п S.n.	У, ц/га Р, hwt/ha	Ос, мм R, mm.	№ п/п S.n.	У, ц/га Р, hwt/ha	Ос, мм R, mm.	№ п/п S.n.	У, ц/га Р, hwt/ha	Ос, мм R, mm.	№ п/п S.n.	У, ц/га Р, hwt/ha	Ос, мм R, mm.
1	10,0	47	12	10,5	58	23	10,0	73	34	20,0	135
2	13,0	97	13	5,0	35	24	12,0	87	35	12,5	110
3	14,0	102	14	6,0	14	25	5,0	34	36	4,0	64
4	6,0	42	15	15,0	102	26	13,0	100	37	10,0	61
5	14,0	129	16	4,5	23	27	11,0	80	38	14,0	125
6	10,0	90	17	9,0	25	28	12,5	72	39	5,0	23
7	12,0	60	18	10,5	75	29	16,5	112	40	7,0	75
8	11,0	70	19	19,5	110	30	18,0	142	41	11,5	130
9	11,0	65	20	4,0	30	31	20,0	110	42	17,0	135
10	8,0	86	21	10,5	76	32	12,0	75	43	20,0	140
11	16,0	68	22	8,1	36	33	12,0	45	44	17,0	110

Обработка материала в программе EXCEL позволила установить корреляционное соотношение следующего вида:

$$Y=3,656+0,102 \cdot O_c,$$

где У – урожайность зерновой культуры, ц/га; Ос – осадки в мае-июне (мм) на территории Волгоградской области.

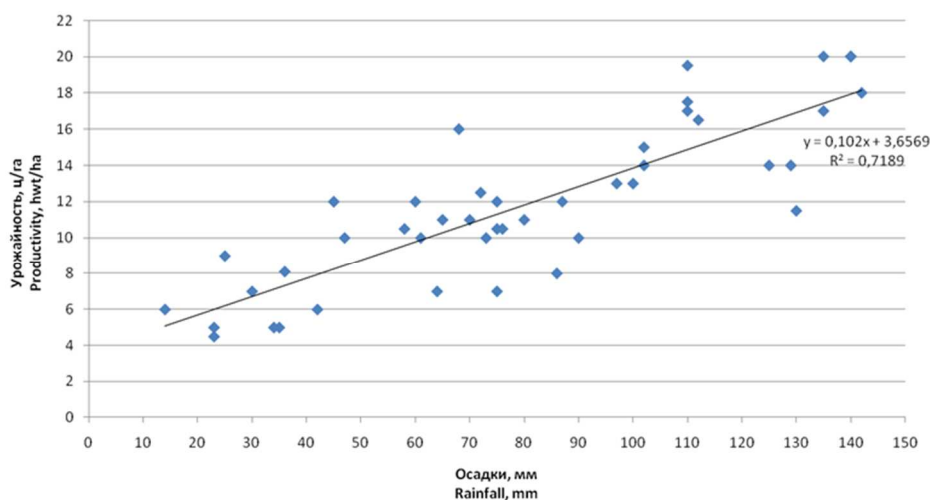


Рисунок 1 – Зависимость урожайности в Волгоградской области, ц/га, (период с 1962 по 2004 гг.) от выпадающих осадков в мае-июне, мм

Figure 1 – Dependence of yield in Volgograd region, hwt/ha, (period from 1962 to 2004) on rainfall in May-June, mm

Коэффициент корреляции при этом равен 0,85, коэффициент детерминации – 0,72. Это говорит о том, что урожайность сельскохозяйственной культуры на 72 % зависит от осадков в мае-июне, а на 28 % – от других факторов, к которым можно отнести человеческий фактор, орографию местности, осадки (количество и время выпадения), сельскохозяйственную культуру, а точнее, ее сорт и технологию выращивания.

Выводы. Таким образом, для прогноза урожайности зерновых культур необходимо учитывать количество осадков, выпавших в мае-июне. Во-первых, потому что урожайность тесно связана с формированием корневой массы вообще и с этим процессом, в частности, перед ответственными фазами роста и развития растений. Такими фазами являются фаза стеблевания, фазы колошения и налива зерна. Они бывают именно в отмеченные периоды. Во-вторых, потому, что скорость формирования корней, как показывают агрофизические исследования [8], существенно зависит от влагозапасов в почве и должна быть достаточной к отмеченным выше фазам роста и развития растений. В третьих, потому, что если будет лимитирование по влаге в период предшествующий указанным фазам, то корни не наберут соответствующей нормальному урожаю массы. В этом случае урожайность растений будет пониженной. Конечно, нужно было бы увязывать указанные факторы с учетом природных зон. Тогда бы была более рельефная связь и здесь следует повториться в свое оправдание, что целью данного анализа было выявить роль именно майско-июньской влаги на продукционный процесс. А в этом случае, как утверждает статистика [3, 1], лучше брать общие средние данные по конкретной территории. Выявленные закономерности в значительной мере будут полезны лишь при прогнозах будущих погодных условий, которые надо еще дорабатывать. Но это уже следующая задача для исследователей в будущем, после решения которых можно будет выходить на прогноз продовольственной безопасности в целом на конкретной территории и возникновении соответствующих рисков в сельском хозяйстве.

Библиографический список

1. Бунтова Е. В. Способы анализа результатов наблюдений методами математической статистики // Инновации в науке: научный журнал. 2017. № 1(62). С. 42-49.
2. Васильев Ю. И. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №4. С. 54-57.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
4. Изотова З. А. Моделирование влияния факторов на экономическую эффективность агротехнологических решений и продуктивность зерновых культур [Текст] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (63). С. 41-48.
5. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения – основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
6. Мелиоративная роль лесной полосы в формировании урожайности озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края / Л. В. Трубочёва, О. В. Мухина, Н. С. Чухлебова [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2 (30). С. 179-182.
7. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.
8. Соотношение корневой и надземной биомассы / Е. В. Шеин, М. А. Мазиров, С. И. Зинченко [и др.]. Владимир: Изд-во Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2016. С. 98-104.
9. Тихонов В. Е., Неверов А. А. Прогнозирование предстоящих метеорологических условий вегетации и урожайности зерновых культур в сухостепной зоне Предуралья // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 21-24.
10. Фесенко М. А. Вклад случайных и контролируемых факторов в формирование урожайности зерновых культур полевого севооборота // Агрофизика. 2017. № 2. С. 40-46.
11. Assessment of climatic indices limiting rainfed heat yield / M. Mousavi-Baygi, M. Bannayan, B. Ashraf [and other] // Ecological Indicators. 2016. V. 62. P. 298-305.
12. Effects of tillage practices on water consumption and grain yield of dryland winter wheat under different precipitation distribution in the loess plateau of China / L. Xue, S. Khan, M. Sun [and other] // Soil and Tillage Research. 2019. V. 191. P. 66-74.

Conclusions. Thus, in order to predict the yield of cereals, it is necessary to take into account the amount of precipitation that fell in May-June. First, because yield is closely related to root mass formation in general and to this process in particular, before responsible phases of plant growth and development. Such phases are: stem phase, flaking phase and grain filling phase. They occur during the marked periods. Secondly, because the rate of root formation, as shown by the agrophysical studies [10], is significantly dependent on moisture reserves in the soil, and should be sufficient for the above mentioned phases of plant growth and development. Third, because if there is a moisture limit in the period preceding these phases, the roots will not gain a mass corresponding to the normal harvest. In this case, the yield of the plants will be reduced. Of course, these factors would need to be linked to natural zones. Then there would be a clearer link and here should be repeated in our justification that the purpose of this analysis was to identify the role of the May-June moisture on the production process. And in this case, according to statistics [2, 5], it is better to take the total average data for a particular territory. The identified patterns will, to a large extent, be useful only in forecasts of future weather conditions, which need to be further refined. But this is the next task for researchers in the future, after which it will be possible to reach the forecast of food safety in general in a particular territory and the corresponding risks in agriculture.

Reference

1. Buntova E. V. Sposoby analiza rezul'tatov nablyudenij metodami matematicheskoy statistiki // Innovacii v nauke: nauchnyj zhurnal. 2017. № 1(62). P. 42-49.
2. Vasil'ev Yu. I. Metodologiya prognoza var'irovaniya urozhaya zernovykh kul'tur v agrolesolandshafte v svyazi s nestabil'nost'yu klimaticheskikh harakteristik // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. 2013. №4. P. 54-57.
3. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p.
4. Izotova Z. A. Modelirovanie vliyaniya faktorov na jekonomicheskuyu jeffektivnost' agrotehnologicheskikh reshenij i produktivnost' zernovykh kul'tur [Tekst] // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 6 (63). P. 41-48.

5. Kulik K. N. Zashchitnye lesnye nasazhdeniya - osnova jekologicheskogo karkasa agroterrij // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 1. P. 18-21.
6. Meliorativnaya rol' lesnoj polosy v formirovanii urozhajnosti ozimoj pshenicy v zasushlivoj zone Stavropol'skogo kraya / L. V. Trubachjova, O. V. Muhina, N. S. Chuhlebova [i dr.] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. № 2 (30). P. 179-182.
7. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. Volgograd: VNIALMI, 2017. 333 p.
8. Sootnoshenie kornevoj i nadzemnoj biomassy / E. V. Shein, M. A. Mazirov, S. I. Zinchenko [i dr.]. Vladimir: Izd-vo Vladimirskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva, 2016. P. 98-104.
9. Tihonov V. E., Neverov A. A. Prognozirovaniye predstoyaschih meteorologicheskikh uslovij vegetacii i urozhajnosti zernovykh kul'tur v suhostepnoj zone Predural'ya // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 3. P. 21-24.
10. Fesenko M. A. Vklad sluchajnykh i kontroliruemykh faktorov v formirovanie urozhajnosti zernovykh kul'tur polevogo sevooborota // Agrofizika. 2017. № 2. P. 40-46.
11. Assessment of climatic indices limiting rainfed heat yield / M. Mousavi-Baygi, M. Bannayan, B. Ashraf [and other] // Ecological Indicators. 2016. V. 62. P. 298-305.
12. Effects of tillage practices on water consumption and grain yield of dryland winter wheat under different precipitation distribution in the loess plateau of China / L. Xue, S. Khan, M. Sun [and other] // Soil and Tillage Research. 2019. V. 191. P. 66-74.

Authors Information

Vasilev Yuriy Ivanovich, consultant, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 97), doctor of agricultural sciences, e-mail: turko-s@vfanc.ru

Belyakov Aleksandr Mikhaylovich, chief research scientist, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 97), doctor of agricultural sciences, professor, e-mail: dokbam49@mail.ru

Nazarova Marina Vladimirovna, junior researcher, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 97), e-mail: mn1967@list.ru

Информация об авторах

Васильев Юрий Иванович, консультант ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: turko-s@vfanc.ru

Беляков Александр Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: dokbam49@mail.ru

Назарова Марина Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97). E-mail: mn1967@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-04

DYNAMICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT SPECIES IN THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zelenev¹, I. N. Markova², G. O. Chamurliiev³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal scientific center for Agroecology, integrated reclamation and protective afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

³*Peoples' friendship University of Russia, Moscow*

Received 28.02.2020

Submitted 02.06.2020

Summary

The article presents data on productivity and its structure in different types of spring wheat (soft, hard and spelt) in the Lower Volga region. The influence of climatic factors on yield and productivity elements was revealed: plant height, productive bushiness, number of grains in the ear, weight of 1000 grains, plant safety for harvesting. Quantitative differences between the productivity characteristics of the studied spring wheat species were determined.

Abstract

Introduction. One of the main areas of spring wheat cultivation is considered to be the Volga region. The ability of this crop to develop a powerful root system from the tillering node causes its widespread distribution in arid areas. Spring wheat, especially hard, is characterized by high requirements for environmental conditions. Soft wheat is less sensitive to the spring return of cold weather. Hard wheat is more demanding to high temperatures. The return to production of forgotten and rare types of cultivated wheat will expand the range of traditional and new useful food products. **Object.** The object of research is plants of various types of spring soft and hard wheat, spelt. **Materials and methods.** The study was carried out in the experimental field Kamyshinskoe development and production of field crops laboratory of the FGBI «Federal scientific center for Agroecology Russian Academy of Sciences» in 2015-2019. The soil of the experimental site is chestnut medium-thick, heavy-loam. The humus content in the 0-30 cm layer is 1.8-2.4 %, gross phosphorus and nitrogen are 0.11 and 0.06 %, respectively, and the absorption capacity is 25-35 mg-EQ / 100 g of soil. Preparation of the soil for sowing was carried out according to the agrotechnics adopted in the zone. Climate conditions in the years of research were contrasting: 2017-favorable, 2015, 2018 and 2019-dry, and 2016-extremely unfavorable due to high temperature and low humidity during the earing of spring wheat. Sowing was carried out on plots of 25 m² in four-fold repetition. Sheaf samples were taken and plots were cleaned according to the state Commission's methodology. Varieties of spelt, spring soft and durum wheat were studied. At the same time, spring soft wheat was divided into two groups of varieties by the color of the grain – white-grain and red-grain. **Results and conclusion.** The tallest type of spring wheat was hard wheat, with the exception of 2019, when conditions were unfavorable for this crop. There were no differences in height between white-grain and red-grain varieties of soft wheat. The floor height was inferior to other types of wheat, especially in 2019. There was a positive correlation between crop yield and plant height ($r = 0.75$). The highest stem density was provided for red-grain varieties of soft wheat, as well as the number of grains in the ear. In terms of productive bushiness, spelt is the leader among the studied wheat species with the exception of 2019, when it was practically not bushed. Low productive bushiness is genetically inherent in durum wheat, but with improved nutrition, it increases the number of spikelets in the ear, the number and weight of grains in the ear, and the number of full-fledged plants for harvesting. By weight of 1000 grains, the largest grain was durum wheat, which had an excess of this indicator in general for all years of observation, except for 2019, when due to the prevailing extreme weather conditions, the productivity of durum wheat significantly decreased compared to soft wheat. Also, a significant decrease this year in durum wheat had an indicator of the number of grains in the ear. More than 2 times the number of grains in the ear was lower than that of soft wheat varieties, although in other years the number of grains in the ear of these species did not differ much. Spelt because of the short ear had the lowest number of grains in the ear, although this figure did not vary as significantly over the years as in durum wheat. The yield of all types of wheat was positively correlated with the number of grains in the ear ($r = 0.68$). Research shows that it is impossible to say for sure what factors influenced the productivity of wheat species. 2016 was optimal in terms of moisture availability and the most poor-yielding year. Increased air temperature and heavy precipitation provoked the development of brown rust, which led to a significant shortage of crops. Varieties of red-grain soft wheat and spelt were less affected, as evidenced by their higher yield. The dependence of wheat productivity on precipitation in 2015, 2017 and 2018 was typical for the dry-steppe zone. The higher the amount of precipitation during the growing season, the higher the yield. In terms of yield, the types of wheat did not differ significantly from each other, except in 2019, when the productivity of soft wheat was several times higher than spelt and durum wheat. The resulting differences in yield are related to the current water regime of the soil this year. The most productive and adaptive over the years of research were red-grain varieties of soft wheat, then white-grain. Durum wheat varieties in terms of productivity in 2015 and 2018 were at the same level as soft wheat, while in unfavorable 2016 and 2019 they were significantly inferior to it. In favorable 2017, durum wheat varieties also fell short of soft wheat varieties in terms of yield, which indicates their lack of adaptability in zonal conditions. New varieties of durum wheat of Saratov and local selection in terms of productivity in the dry-steppe zone are not inferior to soft varieties, as they have higher plasticity and adaptability.

Key words: *type of spring wheat, variety, variety, yield, weight of 1000 grains, productive bushiness, plant height, adaptability.*

Citation. Zelenev A. V., Markova I. N., Chamurliiev G. O. Dynamics of growth and development of spring wheat species in the Lower Volga region *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2020. 2(58). 45-56 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-04.

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

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

УДК 633.11"321"(470.44/.47)

ДИНАМИКА РОСТА И РАЗВИТИЯ ВИДОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. В. Зеленов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Н. Маркова², кандидат сельскохозяйственных наук

Г. О. Чамурлиев³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

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

³Российский университет дружбы народов, г. Москва

Дата поступления в редакцию 28.02.2020

Дата принятия к печати 02.06.2020

Актуальность. Одним из главных районов возделывания яровой пшеницы считается Поволжье. Способность этой культуры развивать мощную корневую систему из узла кущения обуславливает ее широкое распространение в засушливых районах. Яровая пшеница, особенно твердая, характеризуется высокими требованиями к условиям внешней среды. Мягкая пшеница менее чувствительна к весеннему возврату холодов. Твердые пшеницы более требовательны к высоким температурам. Возвращение в производство забытых и редких видов культурных пшениц позволит расширить ассортимент традиционных и новых полезных продуктов питания. **Объект.** Объектом исследований являются растения различных видов яровой мягкой и твердой пшеницы, полбы. **Материалы и методы.** Исследования проводили на опытном поле Камышинской опытно-производственной лаборатории полевых культур ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН» в 2015-2019 гг. Почва опытного участка – каштановая среднесиловатая тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в слое 0-30 см – 1,8-2,4 %, валового фосфора и азота соответственно – 0,11 и 0,06 %, емкость поглощения – 25-35 мг-экв/100 г почвы. Подготовку почвы к посеву производили по принятой в зоне агротехнике. Климатические условия в годы исследований были контрастными: 2017 г. – благоприятный, 2015, 2018 и 2019 гг. – засушливые, а 2016 г. – крайне неблагоприятный из-за высокой температуры и низкой влажности воздуха в период колошения яровой пшеницы. Посев проводили на делянках площадью 25 м² в четырехкратном повторении. Взятие сноповых образцов и уборку делянок осуществляли согласно методике Госкомиссии. Изучали сорта полбы, яровой мягкой и твердой пшеницы. При этом яровая мягкая пшеница была разделена на две группы сортов по цвету зерна – белозерная и краснозерная. **Результаты и выводы.** Самым высокорослым видом яровой пшеницы была твердая, за исключением 2019 г., когда сложились неблагоприятные условия для этой культуры. Отличий между белозерными и краснозерными сортами мягкой пшеницы по высоте не было. Полба по высоте уступала другим видам пшениц, особенно в 2019 г. Между урожайностью и высотой растений наблюдалась положительная корреляция ($r = 0,75$). Самая высокая густота стеблестоя обеспечивалась у краснозерных сортов мягкой пшеницы, так же как и количество зерен в колосе. По продуктивной кустистости полба является лидером среди изучаемых видов пшениц за исключением 2019 г., когда она практически не кустилась. Низкая продуктивная кустистость генетически присуща твердой пшенице, но при улучшении питания у нее увеличиваются количество колосков в колосе, количество и масса зерен в колосе и количество полноценных для уборки растений. По массе 1000 зерен самой крупнозерной была твердая пшеница, которая имела превышение по этому признаку в целом за все годы наблюдений, кроме 2019 г., когда из-за сложившихся экстремальных погодных условий продуктивность твердой пшеницы значительно снизилась по сравнению с мягкой. Также существенное снижение в этом году у твердой пшеницы имел показатель количества зерен в колосе. Более чем в 2 раза количество зерен в колосе было ниже, чем

у сортов мягкой пшеницы, хотя в другие годы количество зерен в колосе у этих видов мало чем отличалось. Полба из-за короткого колоса имела самое низкое количество зерен в колосе, хотя этот показатель по годам не так существенно варьировал, как у твердой пшеницы. Урожайность всех видов пшеницы положительно коррелировала с количеством зерен в колосе ($r = 0,68$). Исследования показывают, что нельзя однозначно сказать, от каких факторов зависела продуктивность видов пшениц. 2016 г. был оптимальным по влагообеспеченности и самым неурожайным. Повышенная температура воздуха и обильные осадки спровоцировали развитие бурой ржавчины, которая привела к существенному недобору урожая. Сорта краснозерной мягкой пшеницы и полбы в меньшей степени подверглись поражению, о чем свидетельствует их более высокая урожайность. Зависимость продуктивности пшеницы от осадков в 2015, 2017 и 2018 гг. была типичной для сухостепной зоны. Чем большее количество осадков за вегетацию выпадало, тем выше была урожайность. По урожайности виды пшеницы не столь существенно отличались между собой, за исключением 2019 г., когда по продуктивности мягкая пшеница в разы превышала полбу и твердую пшеницу. Возникшие различия по урожайности связаны со сложившимся в этом году водным режимом почвы. Самыми урожайными и адаптивными за годы исследований были краснозерные сорта мягкой пшеницы, затем белозерные. Сорта твердой пшеницы по продуктивности в 2015 и 2018 гг. были на уровне с мягкой, в неблагоприятные 2016 и 2019 гг. существенно уступали ей. В благоприятном 2017 г. по урожайности сорта твердой пшеницы также не дотянули до сортов мягкой, что указывает на их недостаточную адаптивность в зональных условиях. Новые сорта твердой пшеницы саратовской и местной селекции по продуктивности в сухостепной зоне не уступают сортам мягкой, так как имеют более высокую пластичность и адаптивность.

Ключевые слова: *виды яровой пшеницы, сорта яровой пшеницы, урожайность яровой пшеницы, масса 1000 зерен, продуктивная кустистость пшеницы, высота растений пшеницы, адаптивность яровой пшеницы, пшеница яровая.*

Цитирование. Зеленев А. В., Маркова И. Н., Чамурлиев Г. О. Динамика роста и развития видов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 45-56. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-04

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. Мягкая пшеница (*Triticum vulgare*) – самый распространенный вид пшеницы. На долю твердой пшеницы (*Triticum durum*) приходится менее 10 % посевных площадей в мире. По распространенности она занимает второе место. Полба (*Triticum dicoccum*) до 1933 г. была распространена в Поволжье и Башкирии. В настоящее время посевы полбы имеют незначительные площади [8]. Одним из главных районов возделывания яровой пшеницы считается Поволжье. Способность яровой пшеницы развивать мощную корневую систему из узла кущения обуславливает ее широкое распространение в засушливых районах, сухой климат которых благоприятствует получению зерна с высоким содержанием белка и высококачественной клейковины, хотя урожайность культуры по мере увеличения засушливости климата снижается. Яровая пшеница, особенно твердая, характеризуется высокими требованиями к условиям внешней среды. При этом разные ее виды разнятся к условиям произрастания. Мягкая пшеница менее чувствительна к весеннему возврату холодов. При более высоких температурах у нее сокращается общий период вегетации. Твердые пшеницы более требовательны к высоким температурам. Особенно в период «всходы – кущение» и «колошение – созревание» [2, 4]. Яровая твердая пшеница и пшеница полба являются генетически высокобелковыми видами с содержанием протеина в зерне до 20 % и более. Возвращение в производство забытых и редких видов культурных пшениц позволит расширить ассортимент традиционных и новых полезных продуктов питания [5, 14].

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле Камышинской опытно-производственной лаборатории полевых культур ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН» в 2015-2019 гг. Почва опытного участка – каштановая среднемощная тяжелосуглинистая, типичная для данной зоны. Содержание гумуса в слое 0-30 см – 1,8-2,4 %, валового фосфора и азота соответственно – 0,11 и 0,06 %, емкость поглощения – 25-35 мг-экв/100 г почвы. Общая мощность гумусового слоя составляет 35-50 см. Реакция среды нейтральная или слабощелочная. Подготовку почвы к посеву производили по принятой в зоне агротехнике. Основную обработку почвы на глубину 20-22 см проводили в конце августа – начале сентября. Весной – покровное боронование в два следа и предпосевная культивация. Посев – ранний, по мере наступления физической спелости почвы. Климатические условия в годы исследований были контрастными. Из пяти лет благоприятным был только один – 2017 г., 2015, 2018 и 2019 гг. были засушливыми, а 2016 г. был крайне неблагоприятным из-за высокой температуры и низкой влажности воздуха в период колосения яровой пшеницы. Посев производили на делянках площадью 25 м² в четырехкратном повторении. Взятие сноповых образцов и уборку делянок осуществляли согласно методике Госкомиссии. Математическую обработку урожайных данных с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа. Корреляционную связь между признаками подсчитывали по Б. А. Доспехову. Изучали сорта полбы, яровой мягкой и твердой пшеницы. При этом яровая мягкая пшеница была разделена на две группы сортов по цвету зерна – белозерная и краснозерная. Разделение осуществлено из-за ранее полученных различий между этими разновидностями [3]. Урожайность и признаки продуктивности групп брали как среднее арифметическое показателей пяти лучших сортов, находящихся в испытании (таблица 1).

Таблица 1 – Сорта, вошедшие в группы пшениц

Table 1 – Varieties, included in wheat groups

Группа сортов мягкой белозерной пшеницы / Group of varieties of soft white wheat	Группа сортов мягкой краснозерной пшеницы / Group of varieties of soft red wheat	Группа сортов твердой пшеницы / Group of durum wheat varieties	Группа сортов полбы / A group of cultivars of spelt
Саратовская 73 / Saratov 73 Альбидум 32 / Albidum 32 Альбидум 188 / Albidum 188 Камышинская 3 / Kamyshinskaya 3 Саратовская 42 / Saratov 42	Фаворит / Favorite Ульяновская 100 / Ulyanovsk 100 Ершовская 36 / Ershovskaya 36 Юго-Восточная 2 / Southeast 2 Саратовская 68 / Saratov 68	Луч 25 / Ray 25 Безенчукская 205 / Bezenchukskaya 205 Безенчукская 210 / Bezenchukskaya 210 НИК / NICK Краснокутская 13 / Krasnokutskaya 13	Руно / Fleece К-14322 Парыш / K-14322 Maggot К-38915 Крупник / K-38915 Krupnik К-21584 Амиданньен / K-21584 Amidanien JU-063952 / JU-063952 /

Результаты и обсуждение. В работе проанализированы пятилетние данные урожайности и признаки продуктивности видов яровых пшениц в зависимости от складывающихся погодных условий. Количество выпавших осадков и средняя температура воздуха за годы исследований и вегетационный период яровой пшеницы приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что в 2016 г. за период август-апрель выпало самое большое количество осадков – 351,7 мм и была самая высокая средняя температура воздуха – 6,04 °С. За период вегетации яровой пшеницы в этом году выпало также больше всего осадков – 174,4 мм, средняя температура воздуха была высокой и составила 22,2 °С. Отмечалось наибольшее количество осадков в мае – 90,1 мм. Самым засушливым был 2015 г., в

котором за период август – апрель выпало меньше всего осадков – 217,4 мм, в мае их было 40,5 мм, июне – 7,7 мм и июле – 23 мм, в среднем за период вегетации культуры количество осадков составило 71,2 мм.

Таблица 2 – Осадки и средняя температура воздуха за годы исследований и период вегетации яровой пшеницы

Table 2 – Precipitation and average air temperature over the years of research and the growing season of spring wheat

Показатель / Indicator	Сумма за август-апрель / Amount for august-april	Количество / Quantity			Среднее за вегетацию / Average over the growing season
		май / may	июнь / june	июль / july	
2015 г.					
Осадки, мм / Precipitation, mm	217,4	40,5	7,7	23	71,2
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	4,01	18,1	25,7	24,6	22,8
2016 г.					
Осадки, мм / Precipitation, mm	351,7	90,1	32,4	51,9	174,4
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	6,04	17,7	23,4	25,4	22,2
2017 г.					
Осадки, мм / Precipitation, mm	293,5	73	44,5	53,3	170,8
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	3,7	15	20,1	23,8	19,6
2018 г.					
Осадки, мм / Precipitation, mm	275,7	9,8	1,2	120,7	131,7
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	3,91	20,4	22,6	25,5	22,8
2019 г.					
Осадки, мм / Precipitation, mm	266,2	51,8	2,2	92,5	146,5
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	4,28	19,3	24,8	22,3	22,1

Средняя температура воздуха за вегетационный период этой культуры была также высокой и составила 22,8 °C. Оптимальным по осадкам и температурному режиму был 2017 г., в котором за период август – апрель выпало 293,5 мм осадков, за период вегетации яровой пшеницы – 170,8 мм. Стабильными были осадки в мае – 73 мм, июне – 44,5 мм и июле – 53,3 мм. За вегетацию яровой пшеницы в этом году была самая низкая температура воздуха – 19,6 °C.

Данные высоты растений, густоты стеблестоя и элементов продуктивности видов яровой пшеницы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Продуктивность различных видов яровой пшеницы

Table 3 – Productivity of different types of spring wheat

Вид пшеницы / Type of wheat	Высота растений, см / Plant height, cm	Густота стоя- ния растений, шт./м ² / Densi- ty of standing plants, units/m ²	Продуктивная кустистость, шт. / Produc- tive bushiness, pieces	Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pieces	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g
2015 г.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	58,6	231	1,35	18	30,9
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	59,8	245	1,26	20	28,2
Твердая / Solid	66,8	225	1,17	20,6	33,7
Полба / Spelt	55	228	1,7	16,7	30,2
2016 г.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	74,6	209	1,48	18,1	20,5
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	74,6	210	1,47	21,2	20,8
Твердая / Solid	77,4	176	1,16	20,8	22,8
Полба / Spelt	66	208	1,72	19,4	21,9
2017 г.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	89	203	1,46	23,6	38,9
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	86,8	204	1,28	26	37
Твердая / Solid	94,2	224	1,1	22,7	46,5
Полба / Spelt	85	274	1,37	19,2	34,3
2018 г.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	66,4	218	1,86	22	27,2
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	68	217	1,68	24,6	26,4
Твердая / Solid	68,4	221	1,26	23	34,7
Полба / Spelt	61,5	243	1,85	14	28,6
2019 г.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	71,6	251	1,27	18,1	31,6
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	70,4	330	1,3	19,6	30,1
Твердая / Solid	69,6	246	1,04	7	30,7
Полба / Spelt	58	152	1	10	28,1
Среднее за 2015-2019 гг.					
Мягкая белозерная / Soft belozernaуа	72	222	1,48	20	29,8
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	71,9	241	1,4	22,3	28,5
Твердая / Solid	75,3	218	1,17	18,8	33,7
Полба / Spelt	65,1	221	1,53	15,9	28,6

Из таблицы 3 видно, что в среднем самым высокорослым видом яровой пшеницы была твердая, за исключением 2019 г., когда сложились неблагоприятные условия для этой культуры. Отличий между белозерными и краснозерными сортами мягкой пшеницы по высоте не было. Полба по высоте уступала другим видам пшениц. Между урожайностью и высотой растений наблюдалась положительная корреляция ($r = 0,75$). Это относится ко всем изучаемым видам пшеницы. Исключением был 2016 г., когда из-за поражения растений бурой ржавчиной не удалось получить приемлемую продуктивность. Данные этого года при подсчете корреляции не учитывали.

Густота стеблестоя в среднем была самой высокой у краснозерных сортов мягкой пшеницы, так же как и количество зерен в колосе, что еще раз подтверждает высокую адаптивность этих сортов.

Находящиеся в изучении сорта и образцы полбы относятся к пленчатой тетраплоидной пшенице, генетически наиболее близкой к твердой, в отличие от которой обладают склонностью к обильному кущению [10]. По продуктивной кустистости полба является лидером среди изученных видов пшениц за исключением 2019 г., когда полба практически не кустилась. Низкая продуктивная кустистость генетически присуща твердой пшенице, но при улучшении питания у нее увеличиваются количество колосков в колосе, количество и масса зерен в колосе и количество полноценных для уборки растений [9]. Подтверждением тому являются показатели количества зерен в колосе и масса 1000 зерен в 2015-2018 гг.

По массе 1000 зерен самой крупнозерной была твердая пшеница, которая имела превышение по этому признаку в целом за все годы наблюдений, кроме 2019 г., когда из-за сложившихся экстремальных погодных условий продуктивность твердой пшеницы значительно снизилась по сравнению с мягкой. Также существенное снижение в этом году у твердой пшеницы имел показатель количества зерен в колосе. Более чем в 2 раза количество зерен в колосе было ниже, чем у сортов мягкой пшеницы, хотя в другие годы количество зерен в колосе у этих видов мало чем отличалось. Полба из-за короткого колоса имела самое низкое количество зерен в колосе, хотя этот показатель по годам не так существенно варьировал, как у твердой пшеницы. Урожайность всех видов пшеницы положительно коррелировала с количеством зерен в колосе ($r = 0,68$), что отмечают и другие исследователи [6, 12, 13].

Отличия между группами сортов мягкой пшеницы (белозерные и краснозерные) по морфологическим признакам не столь существенны как между видами пшеницы, однако по отдельным показателям имеются стабильные по годам различия. Благодаря селекционной работе у новых сортов мягкой пшеницы возникли радикальные изменения: переход от краснозерности к белозерности, от остистости к безостости, увеличение площади листовой поверхности и количества зерен в колосе. Поэтому краснозерные сорта, как более давние, являются более адаптированными к местным условиям, вследствие чего имеют большую сохранность растений к уборке (густота стеблестоя) и количество зерен в колосе по сравнению с белозерными сортами. Белозерные сорта являются более крупнозерными.

Данные урожайности различных видов яровой пшеницы представлены в таблице 4.

Анализируя приведенные в таблице 4 данные урожайности, нельзя однозначно сказать от каких факторов преимущественно зависела продуктивность видов пшениц. 2016 г. был оптимальным по влагообеспеченности и самым неурожайным. Повышенная температура воздуха и обильные осадки спровоцировали развитие бурой ржавчины, которая привела к существенному недобору урожая. При этом сорта краснозерной мягкой пшеницы и полбы в меньшей степени подверглись поражению,

о чем свидетельствует их более высокая урожайность. Зависимость продуктивности пшеницы от осадков в 2015, 2017 и 2018 гг. была типичной для сухостепной зоны. Чем большее количество осадков за вегетацию выпадало, тем выше была урожайность. По урожайности виды пшениц не столь существенно отличались между собой, за исключением 2019 г., когда по продуктивности мягкая пшеница в разы превышала полбу и твердую пшеницу. Возникшие различия по урожайности связаны со сложившимся в этом году водным режимом почвы. Из-за медленного таяния снежного покрова и отсутствия промерзания почвы, легкорастворимые питательные вещества вместе с влагой переместились в более глубокие почвенные горизонты и стали недоступны для корневой системы растений на начальных этапах развития. Как показывают наблюдения, зародышевые корни пшеницы устремляются вглубь с исключительной быстротой, и к кущению они уже проникают до глубины 50-90 см, достигая при полном развитии 1-1,5 м. Вследствие этого их активная зона всегда находится в достаточно увлажненной почве, что позволяет культуре формировать в сухие годы только на зародышевых корнях урожай порядка 1,5-1,8 т/га [11].

Таблица 4 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от различных видов, т/га

Table 4 – Yield of spring wheat depending on different types

Вид пшеницы / Type of wheat	Урожайность / Yield	HCP ₀₅ / SSD ₀₅
2015 г.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	1,09	0,05
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	1,11	
Твердая / Solid	1,02	
Полба / Spelt	0,96	
2016 г.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	0,53	0,06
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	0,71	
Твердая / Solid	0,44	
Полба / Spelt	0,57	
2017 г.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	2,06	0,18
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	2,06	
Твердая / Solid	1,75	
Полба / Spelt	1,28	
2018 г.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	1,45	0,12
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	1,45	
Твердая / Solid	1,41	
Полба / Spelt	1,02	
2019 г.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	1,09	0,15
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	1,31	
Твердая / Solid	0,55	
Полба / Spelt	0,28	
Среднее за 2015-2019 гг.		
Мягкая белозерная / Soft belozernaya	1,24	0,07
Мягкая краснозерная / Soft red-grain	1,33	
Твердая / Solid	1,03	
Полба / Spelt	0,82	

Однако условия 2019 г., в отличие от других лет наблюдения, не позволили сортам твердой пшеницы и полбы иметь продуктивность, соответствующую мягкой, очевидно, из-за недостаточно развитой корневой системы. В острозасушливые годы подавляется рост coleoptильных, а иногда и второй пары зародышевых корней, в таких случаях обычно не удается получить урожай выше 0,4-0,5 т/га [7]. Биологически твердая пшеница отличается от мягкой большей требовательностью к плодородию почвы и к условиям агротехники, меньшей засухоустойчивостью и пластичностью, относительно слабым развитием корней, особенно узловых, меньшей энергией кущения [1].

Самыми урожайными и адаптивными за годы исследований были краснозерные сорта мягкой пшеницы, затем белозерные. Сорта твердой пшеницы по продуктивности в 2015 и 2018 гг. были на уровне мягкой, в неблагоприятные 2016 и 2019 гг. существенно уступали. В благоприятном 2017 г. по урожайности сорта твердой пшеницы также не дотянули до сортов мягкой, что указывает на их недостаточную адаптивность в зональных условиях. Новые сорта твердой пшеницы саратовской и местной селекции по продуктивности в сухостепной зоне не уступают сортам мягкой, так как имеют более высокую пластичность и адаптивность.

Выводы. В течение пятилетнего изучения групп сортов полбы, яровой мягкой и твердой пшеницы были выявлены различия между этими видами пшеницы в складывающихся погодных условиях. Наиболее адаптированной была мягкая пшеница, особенно группа краснозерных сортов. Группа сортов твердой пшеницы по продуктивности уступала мягкой как в неблагоприятные годы (2016, 2019 гг.), так и в более благоприятный 2017 г. Сорта и образцы полбы в зональных условиях были самыми низкоурожайными за все годы наблюдений из-за отсутствия современных селекционных сортов, выведенных для сухостепной зоны. Это же относится и к твердой пшенице. Наличие признаков продуктивности у этих видов пшениц, имеющих превышение над мягкой (продуктивная кустистость, масса 1000 зерен) делают вероятным получение более высокого урожая, сопоставимого с сортами мягкой пшеницы, у новых селекционных сортов этих видов пшеницы. Выявлена связь продуктивности с отдельными ее элементами.

Библиографический список

1. Абдрашитов Р. Р. Урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы сорта Твердыня в условиях оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (68). С. 23-26.
2. Гончаров П. Л., Куркова С. В., Осипова Г. М. Реакция сортов яровой мягкой пшеницы на условия внешней среды в степной зоне Западной Сибири (Северная Кулунда) // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 1. С. 5-7.
3. Гулянов Ю. А., Балдина Е. Ю. Эффективность использования ресурсного потенциала степных агроландшафтов при выращивании яровой пшеницы в оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 22-26.
4. Мухитов Л. А., Самуилов Ф. Д. Модели сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям лесостепной зоны оренбургского Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (29). С. 106-112.
5. Наймушина А. Ю., Яичкин В. Н. Влияние сорта на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (71). С. 45-48.
6. Розова М. А., Зиборов А. И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 44-49.
7. Розова М. А., Зиборов А. И., Егиязарян Е. Е. Экологические, генетические и эволюционные аспекты варьирования урожайности и ее структурных элементов у сортообразцов яровой твердой пшеницы в условиях Приобской лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 5-13.

8. Сатарова Р. М. Качество новых сортов яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (28). С. 140-142.

9. Создание и выявление ценных селекционных линий крупяного направления на основе межвидовых гибридов твердой пшеницы и полбы / В. С. Сидоренко, П. Н. Мальчиков, М. Г. Мясникова, Г. А. Бударина, Д. В. Наумкин, В. А. Костромичева, Ж. В. Старикова, Ф. В. Тугарева, А. А. Горьков // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 106-115.

10. Сурин Н. А., Попова Н. М. Биологические особенности пленчатой и голозерной полбы в условиях Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 15-17.

11. Тимошенкова Т. А. Оценка технологических качеств зерна и продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы разного экологического происхождения в степи Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 32-35.

12. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions / A. Hannachi, Z. El. A. Fellahi, H. Bouzerzour, A. Boutekrabt // J. of Agriculture and Sustainability. 2013. Vol. 3 (2). P. 122-131.

13. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) / A. A. Khan, M. A. Alam, M. K. Alam, M. J. Alam, Z. I. Sarker // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.

14. Porceddu E., Blanco A. Evolution of durum wheat breeding in Italy // Proceedings of the International Symposium on Genetics and breeding of durum wheat. ISSN: 1016-121X ISBN: 2-85352-544-9 CIHEAM. 2014. P. 157-177.

Conclusions. During a five-year study of groups of spelt, spring soft and durum wheat varieties, differences between these types of wheat were revealed in the prevailing weather conditions. Soft wheat was the most adapted, especially the group of red-grain varieties. The group of durum wheat varieties was less productive than soft wheat both in unfavorable years (2016, 2019) and in more favorable 2017. Varieties and samples of spelt in zonal conditions were the lowest-yielding for all years of observations due to the lack of modern breeding varieties bred for the dry-steppe zone. The same applies to durum wheat. Signs of the productivity of these types of wheat, with the excess over soft (productive tillering, 1000-grain weight) makes it likely a higher yield, comparable to that of soft wheat varieties, breeding new varieties of wheat. The relationship between productivity and its individual elements is revealed.

References

1. Abdrashitov R. R. Productivity and grain quality of spring durum wheat of the Stronghold variety in the conditions of the Orenburg pre-Urals // Izvestiya Orenburg state agrarian University. 2017. №. 6(68). P. 23-26.

2. Goncharov P. L., Kurkova S. V., Osipova G. M. Reaction of spring soft wheat varieties to environmental conditions in the steppe zone of Western Siberia (Northern Kulunda) // Achievements of science and technology in agriculture. 2013. №. 1. P. 5-7.

3. Gulyanov Yu. A., Baldina E. Yu. Efficiency of using the resource potential of steppe agricultural landscapes when growing spring wheat in the Orenburg pre-Urals // Izvestiya Orenburg state agrarian University. 2018. №. 6 (74). P. 22-26.

4. Mukhitov L. A., Samuilov F. D. Models of spring soft wheat varieties adapted to the conditions of the forest-steppe zone of the Orenburg pre-Urals // Bulletin of the Kazan state agrarian University. 2013. №. 3 (29). P. 106-112.

5. Naimushina A. Yu., Yaichkin V. N. Influence of the variety on the yield and quality of spring soft wheat grain in the conditions of the Orenburg pre-Urals // Izvestiya Orenburg state agrarian University. 2018. №. 3 (71). P. 45-48.

6. Rozova M. A., Ziborov A. I. Correlations of spring durum wheat yield with elements of its structure depending on the level of genotype productivity and weather conditions in the Priobskaya forest-steppe of the Altai territory. Vestnik of the Altai state agrarian University. 2016. №. 2. P. 44-49.

7. Rozova M. A., Ziborov A. I., Yeghiazaryan E. E. Ecological, genetic and evolutionary aspects of variation of yield and its structural elements in spring durum wheat varieties in the conditions of the Priobskaya forest-steppe of the Altai territory // Bulletin of the Altai state agrarian University. 2017. №. 11 (157). P. 5-13.

8. Satarova R. M. Quality of new varieties of spring soft wheat in the conditions of the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // Bulletin of the Kazan state agrarian University. 2013. №. 2 (28). P. 140-142.

9. Creation and identification of valuable breeding lines of cereals based on interspecific hybrids of durum wheat and spelt / V. S. Sidorenko, P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova, G. A. Budarina, D. V. Naumkin, V. A. Kostromicheva, Zh. V. Starikova, F. V. Tugareva, A. A. Gorkov // Legumes and cereals. 2017. №. 4 (24). P. 106-115.

10. Surin N. A., Popova N. M. Biological features of filmy and naked spelt in the conditions of the Krasnoyarsk territory // Achievements of science and technology of agriculture. 2016. V. 30. №. 6. P. 15-17.

11. Timoshenkova T. A. Evaluation of technological qualities of grain and productivity of spring soft wheat varieties of different ecological origin in the steppe of the southern Urals // Izvestiya Orenburg state agrarian University. 2014. №. 3. P. 32-35.

12. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions / A. Hannachi, Z. El. A. Fellahi, H. Bouzerzour, A. Boutekrabt // J. of Agriculture and Sustainability. 2013. Vol. 3 (2). P. 122-131.

13. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) / A. A. Khan, M. A. Alam, M. K. Alam, M. J. Alam, Z. I. Sarker // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.

14. Porceddu E., Blanco A. Evolution of durum wheat breeding in Italy // Proceedings of the International Symposium on Genetics and breeding of durum wheat. ISSN: 1016-121X ISBN: 2-85352-544-9 CIHEAM. 2014. P. 157-177.

Authors Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, «Volgograd state agrarian University» (Volgograd state agricultural University) (26 Universitetskiy 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 Kamyshtinsky experimental production laboratory of field crops «Federal research center for Agroecology, integrated reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences» (Federal Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-927-524-90-41, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554> E-mail: irynamarckOva@yandex.ru

Chamurliov Gorgiy Omarievich, 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

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 опытно-производственной лаборатории полевых культур 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> E-mail: irynamarckOva@yandex.ru

Чамурлиев Георгий Омариевич, старший преподаватель агроинженерного департамента Агропротехнологического 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

COMPARATIVE ASSESSMENT OF NEW VARIETIES AND HYBRID POPULATIONS OF MELON

T. G. Koleboshina^{1,2}, N. G. Bajbakova¹, E. A. Varivoda¹, G. S. Egorova²

¹*Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution
"Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 10.01.2020

Submitted 28.05.2020

*This work was carried out according to State Assignment No. 0595-2019-0067
of the Federal Scientific-Practical Fund "Fundamental Scientific Research" of the Bykovsky
BSOS - a branch of the Federal State Budget Scientific Institution*

Summary

The article presents the results of a comparative analysis of new species and hybrid populations of melons created in the process of selection work at the Bykovsky melon selective experimental station. As a result of research, promising and hybrid populations of melons were identified that have the necessary qualitative and quantitative indicators and meet the requirements of a modern producer and consumer.

Abstract

Introduction. Commodity production of vegetables and melons, including melons, is one of the priority areas for the development of agriculture in the Volgograd region. An increase in the proportion of melon varieties of domestic selection will increase the profitability of the melon growing industry and its effectiveness. In solving this problem, it is important to have an assortment of varieties of this crop with different ripening dates and high economic characteristics. Breeders of Bykovskaya BSOS are breeding to create new varieties of melon. **Object.** The object of research is the widespread and new varieties of melon, as well as hybrid populations. **Materials and methods.** Breeding studies were conducted at the Bykov melon selection experimental station in a competitive test nursery. Nine melon samples from the breeding station were tested in comparison with the standard. **Results and conclusions.** According to the study, a trend is observed in the dependence of yield and average fetal mass on the length of the growing season in samples of the early group. The longer the growing season, the greater the yield and weight of the fetus. Studies have established the promise of an early-ripening Cometa variety, yield 9.8% higher compared to the standard Duna. The maximum yield in the early group of varieties was obtained from the hybrid population of Syngenta x Duna, which is 59.8% higher than the standard. The average fetal mass in the studied samples is 9.1-27.3% more compared to the standard. In the mid-season group, the maximum yield was obtained from the Idylliya variety, 23.6-27.7% more compared to other studied samples. By the weight of the fruit in the middle group, the Idylliya melon variety and the hybrid population of Duna x Slavia were distinguished, 16-30% of the fruit is larger than the other studied samples. According to the thickness of the pulp, a new variety of Harmoniya with a thickness of 6.5 cm and an idyll variety of 6.25 cm was distinguished in this group. One of the main indicators of fruit quality is the solids content. In the early ripening group, this indicator was at a fairly high level for all studied melon samples and ranged from 12.2 to 15.4%, with the maximum values in the hybrid Kuvshinka x Mechta population. According to the content of vitamin C and sucrose, a hybrid population Kuvshinka x Mechta was also distinguished, their content was 40.52 mg% and 8.90%, respectively. In the mid-season group, the Harmoniya melon variety stood out in terms of solids content - 14.4%, which is 3.2% more compared to the Osen, standard and 2.9-9.1% more in relation to other studied samples. The content of vitamin C in the middle group ranged from 27.90 mg% to 48.36 mg%, the maximum value for the new variety Katyusha. The highest sucrose content was observed in the varieties Harmoniya - 7.90%, Idyll - 7.89% and the hybrid population of Syngenta x Duna - 7.66%. The amount of nitrates in the studied samples ranged from 32.6 mg / kg to 52.9 mg / kg, which is significantly lower than the MPC (90 mg / kg).

Key words: melon, varieties, hybrid population, productivity, variety testing.

Citation. Koleboshina T.G., Bajbakova N.G., Varivoda E.A., Egorova G.S. Comparative assessment of new varieties and hybrid populations of melon. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 57-65 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-05.

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 635.611:631.526.325

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ДЫНИ

Т. Г. Колебошина^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук

Н. Г. Байбакова¹, старший научный сотрудник

Е. А. Варивода¹, старший научный сотрудник

Г. С. Егорова², доктор сельскохозяйственных наук

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.01.2020

Дата принятия к печати 28.05.2020

**Работа выполнена по Государственному заданию № 0595-2019-0067 ФНП
«Фундаментальные научные исследования «Быковской БСОС - филиал ФГБНУ ФНЦО»**

Актуальность. Товарное производство овощной и бахчевой продукции, в том числе дыни, является одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса Волгоградской области. Увеличение доли сортов дыни отечественной селекции является приоритетной задачей в селекционной работе по созданию новых сортов дыни. **Объект.** Объектом исследований являются сорта и гибридные популяции дыни. **Материалы и методы.** Селекционные исследования проводились на Быковской опытной станции в питомнике конкурсного испытания. Испытано 9 образцов дыни селекции станции в сравнении со стандартом. **Результаты и выводы.** Исследованиями установлена перспективность раннеспелого сорта Комета, урожайность на 9,8 % больше по сравнению со стандартом Дюна. Максимальная урожайность в ранней группе получена у гибридной популяции Сингента х Дюна, на 59,8 % больше по отношению к стандарту. В среднеспелой группе максимальная урожайность была получена у сорта Идиллия, на 23,6-27,7 % больше чем у других изучаемых образцов. В раннеспелой группе содержание сухих веществ было на высоком уровне у всех изучаемых образцов дыни и колебалось от 12,2 до 15,4 %. В среднеспелой группе по содержанию сухих веществ выделился сорт дыни Гармония - 14,4 %, что на 3,2 % больше по сравнению со стандартом Осень и на 2,9-9,1 % больше по отношению к другим изучаемым образцам. Количество нитратов в изучаемых образцах колебалось от 32,6 мг/кг до 52,9 мг/кг, что значительно ниже ПДК (90 мг/кг).

Ключевые слова: дыня, сорта дыни, гибриды дыни, урожайность дыни, раннеспелые сорта дыни.

Цитирование. Колебошина Т. Г., Байбакова Н. Г., Варивода Е. А., Егорова Г. С. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 57-65. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-05.

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. Одной из важнейших государственных задач является полноценность рациона питания, способствующего улучшению здоровья населения и увеличивающего продолжительность жизни человека [12].

Арбузы и дыни являются типичными южными овощами, плоды которых ценятся преимущественно за превосходные вкусовые качества и приятный аромат [9]. Дыня, обладая высокими полезными свойствами, позволяет обеспечить организм веществами и элементами, необходимыми для обеспечения здоровья человека. В плодах дыни много калия, имеется кальций, магний, натрий, сера, железо, целый ряд витаминов. Энергетическая ценность плодов дыни в среднем составляет 34 ккал, в большей степени они состоят из воды, значимую часть занимают углеводы, остальное – белки, клетчатка, зола, пектины и органические кислоты [5, 13, 14].

Основой для повышения продуктивности посевов дыни, получения высокого стабильного урожая является выбор сорта, который соответствует потребительскому спросу и, в отличие от гибридов, имеет устойчивые морфологические и биологические признаки. Долевое участие сортов в посевных площадях дыни в Российской Федерации составляет до 60-70 % [3, 8]. Несмотря на большое разнообразие допущенных к использованию сортов дыни, темпы интенсификации сельскохозяйственного производства выдвигают новые требования к сортовому сортименту дыни, который должен обладать более высокими ценными хозяйственными и адаптивно значимыми признаками [4].

Перед селекционерами стоит задача создания новых сортов дыни с высоким уровнем продуктивности, длительным периодом потребления, повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям возделывания (воздушная и атмосферная засуха), отзывчивые на интенсивные приемы возделывания с сохранением качественных показателей [10]. Благодаря селекции происходит расширение зон возделывания данной культуры, так как новые сорта дыни адаптированы к возделыванию в различных регионах России, пригодные для выращивания как на приусадебных участках, так и в промышленном бахчеводстве для удовлетворения спроса потребителя на любой вкус [6, 11]. Бахчевые культуры, в том числе дыня, являясь, по сути, растениями пустыни, обеспечивают получение довольно стабильных урожаев в экстремальных условиях.

Сорта дыни отличаются по форме плода, вкусовым качествам, содержанию сахаров, консистенции, толщине и окраске мякоти [7]. Толщина мякоти плода различна и зависит от сорта. Этот признак имеет существенное значение для потребителей продукции, так как положительно коррелирует с выходом съедобной части плодов дыни и размером семенного гнезда: чем толще мякоть, тем меньше семенное гнездо и наоборот [1, 2].

Целью исследований было проведение сравнительной оценки районированных, новых сортов и гибридных популяций дыни селекции станции по определению наиболее перспективных сортов, для возделывания в товарном производстве и гибридных популяций для использования в селекционном процессе.

Материалы и методы. Исследования проводились в условиях Волгоградского Заволжья на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в 2017-2018 годах. Объектом исследования являлись сорта и гибридные популяции дыни селекции станции. В питомнике конкурсного испытания было изучено 9 образцов и гибридных популяций дыни селекции станции в сравнении с широко распространенными сортами дыни (стандарт): в раннеспелой группе – сорт дыни Дюна, в среднеспелой группе – сорт дыни Осень. Сев – первая декада мая, предшественник – пар черный, площадь учетной делянки 80 м², повторность 4-х кратная, схема посева 2х2 м. Агротехника общепринятая для возделывания бахчевых культур. Уборку дыни проводили по мере созревания плодов. Сопутствующие наблюдения и учеты в опытах проводились согласно соответствующим методикам, Государственным стандартам и методам.

Характеристика сортов и гибридных популяций дыни.

Раннеспелая группа: сорт Дюна, форма плода короткоовальная, кора жёлтая, мякоть белая. Ценность: раннеспелость, дружность созревания плодов; сорт Комета - форма плода яйцевидная, кора жёлтая, сетка сплошная, устойчив к стрессовым факто-

рам среды и заболеваниям; гибридная популяция Сингента х Дюна – форма плода округлая, кора жёлтая, сетка сплошная, отличается многоплодностью, устойчивость к неблагоприятным факторам среды; гибридная популяция Кувшинка х Мечта – форма плода шаровидная, кора жёлтая, сетка сплошная, устойчив к биофакторам среды.

Среднеспелая группа: сорт Осень – форма плода шарообразная, кора жёлтая, сетка сплошная, отличается высокими вкусовыми качествами; сорт Идиллия – форма плода шаровидная, кора ярко-жёлтая, ценность – повышенное содержание сухих веществ, высокая урожайность; сорт Катюша – форма плода округлая, кора жёлтая с полосами оранжевого цвета, транспортабельный, устойчив к заболеваниям и растрескиванию плодов, засухоустойчив; сорт Гармония – форма плода округло-яйцевидная, кора ярко-жёлтая, отличается крупноплодностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды; гибридная популяция Дюна х Славия – форма плода овальная, кора жёлто-оранжевая, ценен за многоплодность и стрессоустойчивость.

Результаты и обсуждение. Основными показателями перспективности нового сорта дыни являются сроки созревания плодов и период его возделывания. Возможность получения более ранней товарной продукции позволяет повысить доходность посевной площади культуры за счет минимизации затрат на её выращивание. Исследованиями отмечена высокая дружность созревания плодов у сорта дыни Дюна. К первому сбору у данного сорта удельный вес созревших плодов составил более 63 %. Также было отмечено и более раннее наступление окончания периода плодоношения, вегетационный период составил 58 сут., что на 4-12 сут. меньше по сравнению с другими изучаемыми образцами в данной группе. При сравнительном анализе раннеспелых сортов и гибридных популяций дыни была отмечена тенденция зависимости урожайности от длины вегетационного периода, чем больше период вегетации растений, тем больше урожайность. У нового сорта дыни Комета, с вегетационным периодом растений на 4 дня больше, урожайность на 9,8 % больше по сравнению со стандартным сортом Дюна. Максимальная урожайность была получена у гибридной популяции Сингента х Дюна - 17,9 т/га, что на 59,8 % больше по отношению к стандарту сорт Дюна, с максимальной длиной вегетационного периода в данной группе - 75 сут. Аналогичные данные были получены и по средней массе плода. У изучаемых образцов с более длительным периодом роста и развития растений средняя масса плода на 9,1-27,3 % больше по сравнению со стандартом, при самых высоких значениях у гибридных популяций Сингента х Дюна и Кувшинка х Мечта, 2,8 кг и 2,7 кг соответственно. Толщина мякоти, показатель питательной ценности у стандарта сорт дыни Дюна на 11,1% меньше по сравнению с другими изучаемыми новыми сортами и гибридными популяциями (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты сортоиспытания перспективных сортов и гибридных популяций дыни в раннеспелой группе (среднее за 2 года)

Table 1 – The results of variety testing of promising varieties and hybrid populations of melons in the early ripening group (average for 2 years)

Наименование образца / Sample Name	Вегетационный период, сут / Growing season, days	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Толщина мякоти, см / Pulp thickness, cm	Средняя масса плода, кг / The average mass of the fetus, kg
Дюна-ст. / Duna-st	63	11,2	4,5	2,2
Комета / Kometa	67	12,3	5,0	2,4
Сингента х Дюна / Singenta x Duna	75	17,9	5,0	2,8
Кувшинка х Мечта / Kuvshinka x Mechta	75	11,9	5,0	2,7

НСР₀₅ = 0,42 т/га

В среднеспелой группе сорта и гибридные популяции дыни отличались от раннеспелых изучаемых образцов дыни более длительным периодом вегетации, на 10-21 сут. больше. Значимость среднеспелых сортов дыни в товарном производстве продукции определяется возможностью более длительного периода потребления, использования их в конвейерном производстве, что позволит значительно увеличить эффективность посевных площадей. Максимальная – 88 сут. и минимальная – 77 сут., длительность вегетационного периода отмечалась у гибридной популяции Дюна х Славия и нового сорта дыни Катюша соответственно. Оценка изучаемых образцов дыни и гибридных популяций по урожайности показала перспективность сорта Идиллия, который отличался более коротким вегетационным периодом и максимальной урожайностью, на 23,6-27,7 % больше по сравнению с другими изучаемыми образцами. По средней массе плода выделились сорт дыни Идиллия и гибридная популяция Дюна х Славия, плоды крупнее на 16-30 % по отношению к другим исследуемым образцам. Как было сказано выше, данный продукт ценится за нежность и толщину мякоти. В среднеспелой группе максимальные значения данного показателя достигнуты у нового сорта дыни Гармония – 6,5 см, что на 1,5 см больше по сравнению со стандартным сортом дыни Осень и на 0,25-0,75 см больше по отношению к другим изучаемым сортам и гибридным популяциям дыни (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты сортоиспытания перспективных сортов и гибридных популяций дыни в среднеспелой группе (среднее за 2 года)

Table 2 – The results of variety testing of promising varieties and hybrid populations of melon in the mid-season group (average for 2 years)

Наименование образца / Sample Name	Вегетационный период, сут / Growing season, days	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Толщина мякоти, см / Pulp thickness, cm	Средняя масса плода, кг / The average mass of the fetus, kg
Осень-ст. / Osen'-st	81	12,3	5,00	2,5
Идиллия / Idilliya	79	15,2	6,25	2,9
Катюша / Katyusha	77	13,8	6,00	2,3
Гармония / armoniya	79	12,9	6,50	2,4
Дюна х Славия / Duna x Slaviya	88	12,3	5,75	3,0

НСР₀₅ = 0,34 т/га

Помимо урожайности, показателя эффективности производства данной продукции, для товаропроизводителей и потребителей данной продукции огромное значение имеет её качество. Нами были проведены исследования по биохимическому составу плодов изучаемых образцов дыни. Одним из основных показателей качества плодов является содержание сухих веществ. В раннеспелой группе данный показатель был на достаточно высоком уровне у всех изучаемых образцов дыни и колебался от 12,2 до 15,4 %, при максимальных значениях у гибридной популяции Кувшинка х Мечта и минимальных у стандарта Дюна. По содержанию витамина "С" выделилась гибридная популяция Кувшинка х Мечта – 40,52 мг%, что в 2,2 раза больше по сравнению со стандартом Дюна и на 19,3-34,8 мг% больше по отношению к другим изучаемым новым сортам и гибридным популяциям дыни. Несмотря на то что количество общего сахара в плодах, изучаемых образцов дыни на 0,33-2,01 % меньше по сравнению со стандартом, при оценке содержания моносахаров и сахарозы отмечено превышение сахарозы в общем сахаре. Сахароза – дисахарид, состоящий из глюкозы и фруктозы, наиболее легко усвояемая форма углеводов. Именно сахароза, получаемая с пищей, расщепляется в организме на глюкозу и фруктозу, которые, в свою очередь становятся источником энер-

гии. Самое высокое содержание сахарозы было в гибридной популяции Кувшинка х Мечта, на 1,45 % больше по отношению к стандарту Дюна и на 1,25-1,45 % больше по сравнению с другими изучаемыми сортами и гибридными популяциями дыни. Исследования показали превышение сахарозы у нового сорта Комета и гибридной популяции Сингента х Дюна на 0,25 % и 0,21 % по сравнению со стандартом Дюна. Экологическая чистота продукта определяется количеством в плодах нитратов. У всех изучаемых раннеспелых образцов дыни данный показатель был значительно ниже ПДК (90 мг/кг), колебался от 33,4 мг/кг до 52,9 мг/кг, при минимальных значениях у нового сорта Комета и максимальных у гибридной популяции Сингента х Дюна (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимический состав плодов дыни в раннеспелой группе (среднее за 2 года)

Table 3 – Biochemical composition of melon fruits in an early ripe group (average for 2 years)

Наименование образца / Sample Name	Сухих веществ, % / Dry matter %	Витамин «С», % / Vitamin «C», %	Общий сахар, % / General sugar, %	Моно-сахара, % / Mono-sahara, %	Сахароза, % / Saharose, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates mg/kg
Дюна-ст. / Duna-st	12,2	18,46	12,20	4,75	7,45	44,0
Комета / Kometa	13,6	30,06	10,19	2,04	7,74	33,4
Сингента х Дюна / Singenta x Duna	14,6	33,97	11,06	3,00	7,66	52,9
Кувшинка х Мечта / Kuvshinka x Mechta	15,4	40,52	11,87	2,50	8,90	37,4

НСР₀₅ = 0,51% (сух. в-ва)

Таблица 4 – Биохимический состав плодов дыни в среднеспелой группе (среднее за 2 года)

Table 4 – Biochemical composition of melon fruits in the mid-season group (average for 2 years)

Наименование образцов / Sample Name	Сухих веществ, % / Dry matter %	Витамин «С», % / Vitamin «C», %	Общий сахар, % / General sugar, %	Моно-сахара, % / Mono-sahara, %	Сахароза, % / Saharose, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates mg/kg
Осень - ст. / Osen'-st	11,2	35,29	10,51	4,87	5,35	35,7
Идиллия / Idilliya	13,6	45,02	10,75	2,44	7,89	49,3
Гармония / Garmoniya	14,4	30,06	11,44	3,12	7,90	32,6
Катюша / Katyusha	13,2	48,36	10,19	3,25	6,59	36,6
Сингента х Дюна	14,6	33,97	11,06	3,00	7,66	52,9
Дюна х Славия / Duna x Slaviya	13,6	27,90	11,06	3,87	6,83	44,0

НСР₀₅ = 0, 51% (сух. в-ва)

В среднеспелой группе по содержанию сухих веществ выделился новый сорт дыни Гармония – 14,4 %, что на 3,2 % больше по сравнению со стандартом Осень и на 2,9-9,1 % больше по отношению к другим изучаемым новым сортам и гибридным популяциям дыни. Все изучаемые образцы по данному показателю имели преимущество по сравнению со стандартом Осень. По результатам биохимического анализа у среднеспелых сортов и гибридных популяций содержание витамина С колебалось от 27,90 мг% до 48,36 мг%, при минимальных значениях у гибридной популяции дыни Дюна х Славия и максимальных показателях у нового сорта дыни Катюша. Исследованиями отмечено более низкое содер-

жание общего сахара в плодах нового сорта Катюша, на 0,32 % меньше, но с превышением сахарозы на 1,24 % по сравнению со стандартом Осень. У остальных изучаемых образцов количество общего сахара и сахарозы на 0,24-0,91 % и на 1,24-2,55 % больше по отношению к стандарту Осень соответственно. Максимальные значения содержания общего сахара – 11,44 % и сахарозы – 7,90 % были получены у нового сорта дыни Гармония. Количество нитратов колебалось от 32,6 мг/кг до 49,3 мг/кг и не превышало ПДК (90 мг/кг) во всех изучаемых образцах дыни (таблица 4).

Выводы. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни показала достаточно высокий потенциал селекционной работы. В раннеспелой группе новый сорт дыни Комета и изучаемые гибридные популяции по всем показателям превосходили стандартный сорт Дюна. Самые высокие значения урожайности и максимальное количество сухих веществ и сахарозы было отмечено у гибридной популяции Кувшинка х Мечта. Среди среднеспелых сортов максимальная урожайность была получена у нового сорта Гармония с высоким качеством плодов, содержание сухих веществ, общего сахара и сахарозы превышает данные показатели в остальных изучаемых сортах и гибридных популяциях данной группы. Использование новых перспективных сортов дыни в товарном бахчеводстве позволит значительно увеличить период потребления дыни в свежем виде, повысить эффективность отрасли и минимизировать затраты на производство бахчевой продукции. Представленные в исследованиях новые сорта дыни прошли производственную проверку в крестьянско-фермерских хозяйствах Волгоградской, Ростовской, Оренбургской областях и в других регионах Российской Федерации. На основании проведенных исследований анализ гибридных популяций показал их перспективность для использования в создании новых сортов дыни, урожайных, устойчивых к био- и абиотическим факторам среды, которые позволят расширить сортимент данной культуры и повысить её эффективность.

Библиографический список

1. Байбакова Н. Г., Варивода Е. А., Колебошина Т. Г. Характеристика нового сортообразца дыни селекции Быковской опытной станции // Овощи России. 2019. №5. С. 42-45. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-42-45.
2. Бондарева Л. Л., Пышная О. Н., Федорова М. И. Методические указания по апробации овощных и бахчевых культур. М.: ФГБНУ ФНЦО. 2018. 224 с.
3. Быковский Ю. А., Емельянова Л. В., Никулина Т. М. Новые и перспективные сорта бахчевых культур // Картофель и овощи. 2016. № 8. С. 37-38.
4. 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. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-2-61-64.
5. 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/10.18619/2072-9146-2019-5-20-24>.
6. Елисеева Н. А. Результаты изучения коллекционного материала дыни // Таврический вестник аграрной науки. 2017. №2 (10). С. 52-60.
7. Емельянова Л. В., Варивода О. П., Вербитская О. Г. Селекция дыни на показатели качества и комплексную устойчивость к заболеваниям // Селекция и семеноводство овощных культур. 2015. № 46. С. 249-253.
8. Курунина Д. П., Емельянова Л. В., Корнилова М. С. Основные результаты селекции дыни Волгоградской области // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 4(8). С. 46-53.
9. Лазько В. Э., Якимова О. В., Благородова Е. Н. Использование летних посевов в семеноводстве сортов ранней группы спелости бахчевых культур // Рисоводство. 2019. №4(45). С. 89-94.
10. Малыева С. В., Емельянова Л. В., Никулина Т. М. Новинки селекции бахчевых культур // Картофель и овощи. 2015. № 7. С. 35-36.

11. Основные направления и результаты селекционной работы в бахчеводстве. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий / С. В. Малыева, Т. М. Никулина, Д. П. Курнина, М. С. Корнилова. Волгоград. 2018. С. 233-238.

12. Солдатенко А. В. Экологические аспекты регулирования накопления радионуклидов овощными растениями: монография. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2019. 344 с.

13. Azimova S. S., Glushenkova A. I. Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources // Springer. New York. 2012. P. 307.

14. Benvenuti S., Bortolotti E., Maggini R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers // Scientia Horticulturae. 2016. № 199. P.170-177.

Conclusions. A comparative assessment of new varieties and hybrid populations of melon showed a rather high potential for breeding. In the early ripening group, the new Cometa melon variety and the studied hybrid populations exceeded the standard Duna variety in all respects. The highest values of yield and the maximum amount of solids and sucrose were observed in the hybrid Kuvshinka x Mechta population. Among mid-ripening varieties, the maximum yield was obtained in the new variety Harmoniya with high quality fruits, the solids content, total sugar and sucrose exceed these indicators in the other studied varieties and hybrid populations of this group. The use of promising new varieties of melon in marketable melon farming will significantly increase the period of fresh consumption of melon, increase industry efficiency and minimize the cost of producing melon products. The new melon varieties presented in the studies passed production testing in peasant farms in the Volgograd, Rostov, Orenburg regions and in other regions of the Russian Federation. Based on the studies, the analysis of hybrid populations showed their promise for use in creating new varieties of melon, productive, resistant to bio- and abiofactors of the environment, which will expand the assortment of this culture and increase its effectiveness.

References

1. Bajbakova N. G., Varivoda E. A., Kaleboshina T. G. Characteristics of a New Variety Sample of Melon from the Bykovskaya Experimental Station // Ovoshchi Rossii. 2019. №5. P. 42-45. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-42-45.

2. Bondareva L. L., Pyshnaya O. N., Fedorova M. I. Guidelines for testing vegetables and melons. M.: FGBNU FNCO. 2018. 224 p.

3. Bykovskij Yu. A., Emel'yanova L. V., Nikulina T. M. New and promising varieties of gourds// Kartofel' i ovoshchi. - 2016. - № 8. - S. 37-38.

4. Varivoda E. A., Kornilova M. S., Varivoda G. V. The results of variety testing of new varieties of melon in the Volgograd Trans-Volga region // Ovoshchi Rossii. 2018. №2 (40). P. 61-64. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-2-61-64.

5. Varivoda O. P., Maslennikova E. S. Assessment and selection of source material for creating melon hybrids with integrated resistance to anthracnose and powdery mildew // Ovoshchi Rossii. 2019. №5. P. 20-24. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-2>

6. Eliseeva N. A. The results of the study of the collection material of melon // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2017. №2 (10). P. 52-60.

7. Emel'yanova L. V., Varivoda O. P., Verbitskaya O. G. Melon selection for quality indicators and integrated disease resistance // Selekcija i semenovodstvo ovoshchnyh kul'tur. 2015. № 46. P. 249-253.

8. Kurunina D. P., Emel'yanova L. V., Kornilova M. S. The main results of melon selection in the Volgograd region // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016. № 4(8). P. 46-53.

9. Laz'ko V. E., YAkimova O. V., Blagorodova E. N. The use of summer crops in seed production of varieties of the early group of ripeness of gourds // Risovodstvo. 2019. №4 (45). P.89-94.

10. Malueva S. V., Emel'yanova L. V., Nikulina T. M. Novelties of selection of melons and gourds // Kartofel' i ovoshchi. 2015. № 7. P. 35-36.

11. The main directions and results of breeding in melon breeding. Mirovye nauchno-tekhnologicheskie tendencii social'no-ekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skih territorij / S. V. Malueva, T. M. Nikulina, D. P. Kurunina, M. S. Kornilova. Volgograd, 2018. P. 233-238.

12. Soldatenko A. V. Ecological aspects of regulation of the accumulation of radionuclides by vegetable plants: monografiya. M.: FGBNU FNCO, 2019. 344 p.

13. Azimova S. S., Glushenkova A. I. Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources // Springer. New York. 2012. P. 307.

14. Benvenuti S., Bortolotti E., Maggini R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers // Scientia Horticulturae. 2016. № 199. P. 170-177.

Authors Information

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", Professor, Department of Soil Science and General Biology Volgograd State Agrarian University ((RF, 404067, Volgogradskaya oblast', Bykovskij rajon, p. Zelyonyj) ORCID: 0000-0003-1700-3446 BBSOS 34 @ yandex. ru

Bajbakova Nina Genrihovna, 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: 0000-0002-06407-2631 BBSOS 34 @ yandex. Ru

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 BBSOS 34 @ yandex. Ru

Egorova Galina Sergeevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Soil Science and General Biology" Volgograd State Agrarian University (400002, Russian Federation, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 26)

Информация об авторах

Колешина Татьяна Геннадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», профессор кафедры «Почвоведение и общая биология» Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный). ORCID: 0000-0003-1700-3446

Байбакова Нина Генриховна, старший научный сотрудник Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный). ORCID: 0000-0002-06407-2631 BBSOS 34 @ yandex. ru

Варивода Елена Александровна, старший научный сотрудник Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (РФ, 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный). ORCID: 0000-0001-5580-4813 BBSOS 34 @ yandex. ru

Егорова Галина Сергеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Почвоведение и общая биология» Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-06

COMPARATIVE ECONOMIC ASSESSMENT OF VARIOUS NATURAL SORBENT FOR WASTEWATER TREATMENT

**A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. A. Denisova,
O. V. Bocharnikova, O. V. Kozinskaya**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 25.05.2020

Summary

We propose a method for treating poultry wastewater using a sorption filter. This method consists in using the environmentally friendly natural origin of the sorbent as a filter load, and is also cost-effective. The article provides a comparative assessment of various natural sorbents used as filter media, such as natural zeolite, activated carbon and quartz sand. Preliminary studies on the sorption prop-

erties of each natural sorbent on the absorbing properties of chemical elements exceeding the maximum permissible concentration in the studied poultry wastewater have been carried out. A comparative economic assessment of the cost of 1 m³ of treated wastewater after each natural sorbent has been performed.

Abstract

Relevance. Long-term practice of operating treatment facilities of existing large poultry farms has shown that none of them has effective wastewater treatment technology that allows reaching the maximum permissible concentration of chemical indicators for wastewater discharged into surface water bodies or used for irrigation of agricultural territory. Therefore, the search for effective and cost-effective ways of wastewater treatment is relevant. **An object.** The object of study is the wastewater of poultry enterprises. **Materials and methods.** The experience of operation of wastewater treatment systems of poultry enterprises, the results of numerous experimental studies carried out at existing facilities by Russian and foreign research organizations, show that the main requirements of the wastewater used for fertilizing and moistening agricultural land, discharge of untreated wastewater into water bodies, from environmental pollution are provided when applying the standard cleaning method. We propose a method for treating poultry wastewater using a sorption filter. This method consists in using an environmentally friendly natural sorbent as a filter load. **Results and conclusions.** As a result of filtration through a zeolite filter, the concentration of impurities decreased by 85%, and through a column loaded with activated carbon of the BAU-A grade, the content of all substances decreased by only 25%, respectively, loading from quartz sand by 15%. The economic evaluation of testing filter media with natural zeolite, the cost of 1 m³ of treated wastewater was 0,8 rubles, when activated carbon was 1.02 rubles, and with quartz sand it was 2,8 rubles.

Key words: *natural zeolite, filtration, activated carbon, quartz sand, poultry wastewater, cost*

Citation. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V. Comparative economic assessment of various natural sorbent for wastewater treatment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 65-72 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-06.

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 628.316.12

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

А. С. Овчинников, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

В. С. Бочарников, доктор технических наук, доцент

М. А. Денисова, ассистент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук

«Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Многолетняя практика эксплуатации очистных сооружений действующих крупных птицефабрик показала, что ни одно из них не располагает эффективной технологией очистки сточных вод, позволяющей достигнуть предельно допустимой концентрации химических показателей, предъявляемой к сточным водам, сбрасываемым в поверхностные водоемы или используемым для полива сельскохозяйственной территории. Поэтому поиск эффективных и экономически выгодных способов очистки является актуальным. **Объект.** Объектом исследований являются сточные воды птицеводческих предприятий. **Материалы и методы.**

Опыт эксплуатации систем очистки сточных вод птицеводческих предприятий, результаты многочисленных экспериментальных исследований, выполненных на действующих объектах российскими и зарубежными научно-исследовательскими организациями, показывают, что основные требования использования сточных вод для удобрения и увлажнения сельскохозяйственных угодий, сброс неочищенных сточных вод в водоемы, загрязнение окружающей среды обеспечиваются при применении стандартных способов очистки. Нами предлагается способ очистки птицеводческих сточных вод с использованием сорбционного фильтра. Данный способ заключается в использовании экологически безопасного природного происхождения сорбента в качестве фильтрующей загрузки. **Результаты и выводы.** В результате фильтрования через цеолитовый фильтр концентрация примесей уменьшилась на 85 %, а через колонну, загруженную активированным углем марки БАУ-А, содержание всех веществ снизилось всего лишь на 25 %, соответственно загрузка из кварцевого песка на 15 %. Экономическая оценка испытаний фильтрующих загрузок с природным цеолитом себестоимость 1 м³ очищенной сточной воды составила 0,8 руб., при использовании в качестве сорбента активированный уголь – 1,02 руб., а с кварцевым песком составила 2,8 руб.

Ключевые слова: природный цеолит, очистка сточных вод, активированный уголь, кварцевый песок, птицеводческие сточные воды, себестоимость очистки сточных вод, природные сорбенты.

Цитирование. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Денисова М. А., Бочарникова О. В., Козинская О. В. Сравнительная экономическая оценка различных природных сорбентов для очистки сточных вод. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 65-72. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-06.

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. Интенсификация производства, в том числе перевод животноводства на индустриальную основу, является решающим фактором в решении продовольственной проблемы.

В зависимости от региональных условий и ресурсного обеспечения в нашей стране осуществляется строительство птицеводческих предприятий производительностью 12, 24, 54, 108, 250 и более тысяч птиц в год, общее число которых достигает 19,5 млн птицы в год.

Таблица 1 – Усредненные расходы сточных вод птицеводческих предприятий различной производительности

Table 1 – The average cost of wastewater poultry enterprises of various capacities

Производительность предприятий, год / Productivity of the enterprise, year	Расход сточных вод, м ³ /сут, при различных системах удаления птичьего помета / Wastewater consumption, m ³ /day for various bird droppings			
	Самотечная/Gravity		Гидросмывная/Water wash	
	непрерывного действия и секционная / continuous and sectional	периодического действия/periodic action	Бесканальная / channelless	канальная / channel
12000	150	180	225	350
24000	300	360	450	700
54000	700	800	1000	1400
108000	1400	1600	2000	2800
250000	2800	3200	4000	5600

В таблицах 1 и 2 приведены расходы и концентрации загрязнений сточных вод птицефабрик на территории РФ.

Таблица 2 – Характеристика птицеводческих сточных вод

Table 2 – Characterization of poultry wastewater

№ п/п / № p/p	Химические показатели / Chemical indicators	Концентрация загрязнений, мг/л / Pollution concentration, mg/l
1	pH	7,1-8,0
2	Взвешенные вещества/Suspended matter	8000-39600
3	Сухое вещество/Dry matter	10500-13500
4	ХПК/CPK	7600-40000
5	БПК/BPC	6400-33600
6	Общий азот/Total nitrogen	1700-4370
7	Аммонийный азот/Ammonia nitrogen	480-1430
8	Фосфаты/Phosphates	430-900
9	Калий/Potassium	150-630
10	Карбонаты/Carbonates	1560-2160
11	Гидрокарбонаты/Hydrocarbonate	4760-5110
12	Кальций/Calcium	140-380
13	Магний/Magnesium	145-270
14	Натрий/Sodium	100-150
15	Сульфаты/Sulphates	140-600
16	Мочевина/Urea	1500-7200

Большая концентрация птицы, гидравлический способ удаления птичьего помета из помещений птицефабрики связаны с образованием больших объемов высококонцентрированных сточных вод. Наличие высоких концентраций патогенных и условно-патогенных микробов в птичьем помете характеризует их как особо опасные в санитарном отношении.

Материалы и методы. В зависимости от региональных, климатических условий, наличия сельскохозяйственных угодий, запасов воды для разбавления сточных вод, а также хозяйственно-экономических условий размещения птицефабрик в нашей стране и за рубежом предусматриваются два основных способа обработки и использования птицеводческих сточных вод:

1. Использование и доочистка сточных вод на земледельческих полях орошения после механического разделения. При недостаточных площадях орошения и неблагоприятной экологической ситуации дополнительно к механической очистке предусматривается одно- или двухступенчатая биологическая очистка.

2. Сброс сточных вод в водоем или на очистные сооружения городов и промышленных предприятий после сооружений механической и двухступенчатой биологической очистки.

Наиболее распространено использование птицеводческих сточных вод в южных районах России – на орошение после механической очистки; в северных районах – на орошение после обработки на сооружениях двухступенчатой биологической очистки [5].

Многолетняя практика эксплуатации очистных сооружений действующих крупных птицефабрик показала, что ни одно из них не располагает эффективной технологией очистки сточных вод, позволяющей достигнуть предельно допустимой концентрации химических показателей, предъявляемой к сточным водам, сбрасываемым в поверхностные водоемы или используемым для полива сельскохозяйственной территории [7].

Опыт эксплуатации систем очистки сточных вод птицеводческих предприятий, результаты многочисленных экспериментальных исследований, выполненных на действующих объектах российскими и зарубежными научно-исследовательскими организациями, показывают, что основные требования использования сточных вод для удобрения и увлажнения сельскохозяйственных угодий, сброс неочищенных сточных вод в водоемы, загрязнение окружающей среды обеспечиваются при применении стандартных способов очистки [1, 10-12].

Нами предлагается способ очистки птицеводческих сточных вод с использованием сорбционного фильтра. Данный способ заключается в использовании экологически безопасного природного происхождения сорбента в качестве фильтрующей загрузки.

В данный момент времени современные российские и зарубежные ученые разрабатывают и производят поиск более эффективных и экономически выгодных технологий по очистке сточных вод. Сейчас наиболее эффективными, по мнению компаний, которые занимаются очисткой сточных вод, считаются сорбционные фильтры для механической очистки с загрузкой из активированного угля древесного [2, 3, 6, 8, 9].

Результаты и обсуждение. Перед тем как была выполнена технико-экономическая оценка по сравнению сорбентов в качестве фильтрующей загрузки, таких как активированный уголь марки БАУ-А, кварцевого песка и природного цеолита, выполнен эксперимент по их поглотительным свойствам в отношении загрязнений (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты ступенчатой фильтрации через каждый сорбент

Table 3 – The results of stepwise filtration through each sorbent

Показатели / Indicators	Нитраты / Nitrates	Total Общий азот / nitrogen	Сульфаты / Sulphates	Магний / Magnesium	Кальций / Calcium	Калий / Potassium	Натрий / Sodium	Ammonia Аммоний-ный азот / nitrogen
Начальная концентрация / Initial concentration	70	62	582	72	7,5	61	55	10,5
После фильтрации через: стадия 1 – активированный уголь / After filtration through: stage 1 – activated carbon	52	30,5	526	55,5	4,36	48,2	36,4	8,5
стадия 2 – кварцевый песок / stage 2 – quartz sand	68	55	545	62	5,5	53	40	9,3
стадия 3 – цеолит / stage 3 – zeolite	48	26,8	512	47,2	4,15	32,3	21,3	3,4
ПДК сточные воды / PDK wastewater	45	25	500	50	3,5	30	20	2

Эффективность фильтрации определяется по остаточному содержанию примесей в отфильтрованной сточной воде [4]. При спуске очищенных сточных вод в водоемы качество воды в них происходит с небольшим изменением.

Концентрации всех исследуемых веществ в процессе фильтрации через цеолитовый фильтр уменьшились на 85 %. А через колонну, загруженную активированным углем марки БАУ-А, содержание всех веществ снизилось всего лишь на 25 %, соответственно загрузка из кварцевого песка – на 15 %.

Технико-экономический расчет себестоимости 1 м³ сточных вод производится по результатам испытаний фильтрующих загрузок с различными природными сорбентами для сорбционного фильтра. В расчете определяется составная часть себестоимости очистки 1 м³ сточных вод на сорбционных фильтрах.

Для исследования и расчета себестоимости одного кубометра сточной воды были взяты стоки птицефабрики ЗАО «Птицефабрика «Волжская», она составляла 360 м³ч. Данный расчет проводился по следующим пунктам: время защитного слоя сорбента, ч; годовые затраты на фильтрующий сорбент, т; затраты на сорбент, руб.; расчет удельного расхода сорбционного материала, кг/м³ и соответственно себестоимость 1 м³ очищаемой сточной воды через каждую исследуемую загрузку, руб.

Сравнительная экономическая эффективность по себестоимости 1 м³ очищенной сточной воды различными природными сорбентами с использованием ферритовых реагентов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость 1 м³ очищенных сточных вод с различными природными сорбентами, руб.

Table 4 – cost of 1 m³ of treated wastewater with various natural sorbents, rub.

№ п/п/ № p/p	Наименование природных сорбентов/Name of natural sorbents	Стоимость 1 м ³ очищенных сточных вод, руб. / Cost of 1 m ³ of treated wastewater, rub.
1	Природный цеолит/Natural zeolite	0,8
2	Активированный уголь марки БАУ-А/Activated carbon stamps BAU-A	1,02
3	Кварцевый песок/Quartz sand	2,8

Выводы. В результате фильтрования через цеолитовый фильтр концентрация примесей уменьшилась на 85 %, а через колонну, загруженную активированным углем марки БАУ-А, содержание всех веществ снизилось всего лишь на 25 %, соответственно загрузка из кварцевого песка – на 15 %. Экономическая оценка испытаний фильтрующих загрузок с природным цеолитом себестоимость 1 м³ очищенной сточной воды составила 0,8 руб., при использовании в качестве сорбента активированный уголь – 1,02 руб., а с кварцевым песком составила 2,8 руб. По итогам экономического расчета можно сделать следующий вывод: в качестве фильтрующей загрузки был выбран природный цеолит, поэтому способ очистки птицеводческих сточных вод является выгодным и характеризуется явным экономичным результатом.

Библиографический список

1. Кружилин И. П., Козинская О. В. Оценка состояния поля и агрономических приемов на качество полива дождевальными машинами // Плодородие. 2011. № 2. С. 52.
2. Москалев Е. В., Кудряшов А. Ф., Рабин А. В. Применение графенового сорбента в фильтрах для очистки поверхностных вод и горячей воды // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 18-23.
3. Назаров В. Д., Назаров М. В. Электрохимические фильтры для очистки природных и сточных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 5 (113). С. 16-24.
4. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Денисова М. А. Технология очистки стоков птицеводческих предприятий с использованием природных сорбентов при добавлении ферритной суспензии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №1 (1). С. 15-22.
5. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // Российский инженер. 2017. №1. С. 44-49.

6. Юрков А. К., Козлова И. А., Бирюлин С. В. Исследование возможности применения угольных фильтров для очистки радоносодержащей воды // Уральский геофизический вестник. 2018. № 2 (32). С. 67-70.

7. Яловая Н. П., Барсук И. П. Очистка природных вод от загрязнения нефтесодержащими сточными водами // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное Строительство, теплоэнергетика и геоэкология. 2011. № 2. С. 87-90.

8. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva, T. I. Burmistrova, N. M. Trunova, L. B. Naumova, L. P. Shilyaeva // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences, 2017. V. 33. I. 4. P. 85-91.

9. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter / X. Feng, X. Wang, Z. Chen, J. Chen // Bioresource Technology. 2019. P. 17-24.

10. 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 J. of Agricultural Science. 2018.

11. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga / A. S. Ovchinnikov, V. F. Loboyko, V. S. Bocharnikov, A. Yu. Ovcharova, S. D. Fomin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019.

12. 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, I. 13. P. 4181-4184.

Conclusions. As a result of filtration through a zeolite filter, the concentration of impurities decreased by 85%, and through a column loaded with activated carbon of the BAU-A grade, the content of all substances decreased by only 25%, respectively, loading from quartz sand by 15%. The economic evaluation of testing filter media with natural zeolite, the cost of 1 m³ of treated wastewater was 0,8 rubles, when activated carbon was 1.02 rubles, and with quartz sand it was 2,8 rubles. Based on the results of economic calculation, we can draw the following conclusion as a filter load, natural zeolite was chosen, therefore, the method of treating poultry wastewater is profitable and is characterized by a clear economical result.

References

1. Kruzhilin I. P., Kozinskaja O. V. Ocenka sostojanija polja i agromeliorativnyh priemov na kachestvo poliva dozhdeval'nymi mashinami // Plodorodie. 2011. № 2. Pp. 52.

2. Moskalev E. V., Kudryashov A. F., Rabin A. V. Application of graphene sorbent in filters for surface water and hot water purification // Ecology and industry of Russia. 2017. V. 21. № 12. P. 18-23.

3. Nazarov V. D., Nazarov M. V. Electrochemical filters for the treatment of natural and waste water // Water purification. Water treatment. Water supply. 2017. № 5 (113). Pp. 16-24.

4. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Denisova M. A. Technology of wastewater treatment of poultry enterprises using natural sorbents with the addition of ferrite suspension // Proc. of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2019. N.1(1). P. 15-22.

5. Chertkov M. P. Application of biological methods of water purification during water treatment and wastewater treatment // Russian engineer. 2017. № 1. Pp. 44-49.

6. Yurkov A. K., Kozlov I. A., Biryulin S. V. Investigation of the possibility of using carbon filters for purification of radon-containing water // Ural Geophysical Bulletin. 2018. № 2 (32). Pp. 67-70.

7. Jalovaja N. P., Barsuk I. P. Purification of natural waters from oil-containing wastewater pollution // Bulletin of the Brest State Technical University. Water construction, heat power and geoecology. 2011. No. 2. Pp. 87-90.

8. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva, T. I. Burmistrova, N. M. Trunova, L. B. Naumova, L. P. Shilyaeva // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences, 2017. V. 33. I. 4. P. 85-91.

9. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter / X. Feng, X. Wang, Z. Chen, J. Chen // *Bioresource Technology*. 2019. P. 17-24.

10. 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 J. of Agricultural Science*. 2018.

11. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga / A. S. Ovchinnikov, V. F. Loboyko, V. S. Bocharnikov, A. Yu. Ovcharova, S. D. Fomin // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019.

12. 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, I. 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26,), doctor of agricultural sciences, professor, Academician of the Russian Academy of Sciences tel. 8 (8442) 41-17-84. E-mail: volgau@volgau.com

Bocharnikov Victor Sergeevich, professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26,), doctor of technical sciences, professor, tel. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Denisova Maria Alekseevna, Assistant of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, assistant tel. 8 (8442) 41-81-53, E-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: kozinska1977@mail.ru.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, 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 (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Денисова Мария Алексеевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ассистент, тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: masha2008-1988@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: kozinska1977@mail.ru.

INFLUENCE OF HYDRAULIC PARAMETERS ON WATER QUALITY

N. V. Kuznetsova, Yu. V. Kuznetsov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

Summary

The article presents the results of the influence of hydraulic parameters of the new sprinkler machine on the quality of irrigation.

Abstract

Introduction. The irrigation quality of sprinkler machines depends on such hydraulic characteristics as: total machine consumption, irrigation water consumption from rain-forming devices (sprinklers, deflector nozzles), rain layer distribution and sprinkling intensity along the pipeline length, pressure distribution along the machine length, weighted average layer and intensity rain, estimated average irrigation rate, time of a full revolution of the machine; coefficients of watering quality, effective watering (within 25% of the average weighted rain layer), excessive, insufficient watering and uncrowded area. At the same time, environmental requirements must be observed and high crop yields ensured. For issuing the required irrigation rate to the irrigated field, operational information is needed on the consumption of a specific sprinkler and the loss of water due to evaporation during sprinkling. The total flow rate depends on the water pressure in the irrigation network, which during its operation can vary by 1.5 times or more. In hot, dry, windy weather, irrigation water loss is more than 30 %. **Object.** The object of study is a wide-sprinkler sprinkler of circular action. **Materials and methods.** The studies were carried out at the experimental site of the Scientific and Research Center "Gornaya Polyana", Volgograd. **Results and conclusion.** The main problem of the effective application of sprinkling is to establish a correspondence between the intensity of the rain and the water permeability of the soil at given irrigation rates. A variety of climatic zones leads to a differential approach to the value of irrigation norms. Carrying out high-quality hydraulic adjustment of the machine allows increasing the coefficient of effective irrigation by 15-20 %. Hydraulic adjustment of the machine must be carried out after winter depreservation of the machine at the beginning of the irrigation season. In the future, it is necessary to monitor the maintenance of normal pressure in the apparatus, and also strictly observe the operating instructions for sprinkler apparatus. The Don-K sprinkler machine provides fully mechanized and automated irrigation with irrigation norms. With wind acceleration up to 4.1 m / s and more, the coefficient of effectively watered area decreases. The thickness of the minute rain layer along the length of the irrigation pipeline varies from 0.65 to 0.85 mm. Rain falling on the soil destroys the aggregates, the pores of the surface layer are blocked, water permeability decreases, which leads to a change in the physical properties of the soil.

Key words: *hydraulic parameters, flow rate, sprinkling, irrigation quality factors, rain intensity.*

Citation. Kuznetsova N. V., Kuznetsov Yu. V., Kozinskaya O. V., Denisova M. A. The influence of hydraulic parameters on the quality of irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 73-83 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-07.

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 631.347:631.674.6

ВЛИЯНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО ПОЛИВА

Н. В. Кузнецова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Ю. В. Кузнецов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М. А. Денисова, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. Качество полива дождевальных машин зависит от таких гидравлических характеристик, как общий расход машины, расход поливной воды из дождеобразующих устройств (дождевальных аппаратов, дефлекторных насадок), распределения слоя дождя и ин-

тенсивности дождевания по длине трубопровода, распределения напоров по длине машины, средневзвешенные слой и интенсивность дождя, расчетная средняя поливная норма, время полного оборота машины; коэффициенты качества полива, эффективного полива (в пределах 25% средневзвешенного слоя дождя), избыточного, недостаточного полива и не политой площади. При этом должны соблюдаться требования природоохранного характера и обеспечиваться высокие урожаи сельскохозяйственных культур. **Объект.** Объектом исследования является широкозахватная дождевальная машина кругового действия. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке УНПЦ «Горная поляна», города Волгоград. **Результаты и выводы.** Разнообразие климатических зон обуславливает дифференциальный подход к величине поливных норм. Проведение качественной гидравлической настройки машины позволяет повысить коэффициент эффективного полива на 15-20 %. Гидравлическую настройку машины необходимо проводить после зимней расконсервации машины в начале поливного сезона. В дальнейшем необходимо следить за поддержанием нормального давления в аппаратах, а также строго соблюдать инструкцию по эксплуатации дождевальных аппаратов. Дождевальная машина «Дон-К» обеспечивает проведение полностью механизированного и автоматизированного полива с выдачей поливных норм. При скорости ветра до 3 м/с распределение слоя осадков характеризуется достаточно высоким коэффициентом эффективного полива – 0,77-0,81. Коэффициент недостаточного полива при этом не превышает 0,09-0,13, избыточный находится в пределах 0,09-0,12. Толщина минутного слоя дождя по длине поливного трубопровода изменяется от 0,65 до 0,85 мм. Дождь, падая на почву, разрушает агрегаты, поры поверхностного слоя блокируются, водопроницаемость снижается, что приводит к изменению физических свойств почвы.

Ключевые слова: *мобильная дождевальная техника, гидравлические параметры ДМ, полив дождеванием, дождевальные машины, коэффициенты качества полива, интенсивность дождя.*

Цитирование. Кузнецова Н. В., Кузнецов Ю. В., Козинская О. В., Денисова М. А. Влияние гидравлических параметров на качество полива. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 73-83.
DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-07.

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. В процессе эксплуатации дождевальных машин (ДМ) возникает необходимость в оперативном управлении поливами в связи с изменяющимися погодными, агротехническими и организационно-хозяйственными условиями. При этом должны соблюдаться требования природоохранного характера и обеспечиваться высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Сложные климатические и социально-экономические условия требуют обоснованного выбора поливной техники. Она должна быть высокопроизводительной, обеспечивать малые затраты труда на полив, экономию воды и энергии, предохранение почвы от эрозии, возможности внесения удобрений, иметь высокий коэффициент полезного действия и высокую степень надежности. Развитие орошения, использование современной высокопроизводительной дождевальной техники способствует увеличению объема продукции и как следствие снижению ее себестоимости. В связи с этим необходимо создание новой, мобильной дождевальной техники [1, 2, 11].

Для выдачи на орошаемое поле требуемой поливной нормы необходима оперативная информация о расходе конкретной дождевальной машины и потерях воды на испарение в процессе дождевания. Общий расход зависит от напора воды в оросительной сети, который в процессе ее эксплуатации может изменяться в 1,5 раза и более. В жаркую, сухую, ветреную погоду потери оросительной воды составляют более 30 %. Поэтому у одной и той же машины при одинаковой продолжительности дождевания поливные нормы, получаемые полем, могут разниться в 2 раза и более [3-5, 10].

При поливе исходят из того, что необходимо увлажнять только активный слой почвы, причем, содержание в нем влаги не должно превышать наименьшую влагоемкость. Выдача заданной поливной нормы осуществляется операторами ДМ на основе технической оценки работы каждой машины, информации о погодных условиях и замеров давления воды на входе в машину, а также определения потерь воды на испарение, продолжительности полива и задания машинам необходимой скорости движения. Эти показатели характеризуют, прежде всего, качество и равномерность полива и устанавливаются гидравлическим расчетом на основе данных, собранных при наладке машин после монтажа, и нормативно-справочной информации, полученной в научном эксперименте при испытаниях машин или из литературных источников. В состав показателей входят такие гидравлические характеристики как: общий расход машины, расход поливной воды из дождевателей (дождевальных аппаратов, дефлекторных насадок) и сливных насадок, расчетная средняя поливная норма, время полного оборота машины, коэффициенты качества полива, эффективного полива (в пределах 25 % средневзвешенного слоя дождя), избыточного, недостаточного полива и не политой площади [6-9].

Целью наших исследований является изучение влияния гидравлических параметров на качество полива при дождевании.

Материалы и методы. Объект исследования – широкозахватная дождевальная машина (ШДМ) кругового действия «ДОН» Исследования проводились на опытном полигоне УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ. В зависимости от местных условий длина машины и расход ее могут изменяться. Вода в закрытую оросительную систему забирается из Варваровского водохранилища. На входе в дождевальную машину установлено устройство оснащенное участком горизонтальной приемной трубы, защищенной от попадания крупных частиц, находящихся в воде, и сеткой из перфорированного листа с отверстиями 0,003 м. В исследованиях применяли методику испытаний дождевальной техники РД 10.11.1-89.

Результаты и обсуждение. При расчете гидравлических характеристик трубопровода ШДМ «ДОН» рассчитываются напоры, транзитные расходы, скорость движения жидкости в трубопроводе и другие гидравлические характеристики рассчитываются в соответствии с теорией движения вязкой жидкости по трубам. Движущаяся по трубопроводу поливная вода характеризуется определенной кинематической вязкостью ν (мм²/с) и коэффициентом вязкого трения (λ), являющимся функцией числа Рейнольдса (Re) и параметра шероховатости $\Delta = d_1/d$. Для расчета λ применяется известная формула Альтшуля:

$$\lambda(\Delta, Re) = \beta_1(\Delta + \beta_2/Re)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

$$Re = \nu d / \nu;$$

где ν – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с; d_1 – эквивалентная шероховатость, м; d – диаметр трубопровода, м; $\beta_1 = 0,11$, $\beta_2 = 68$.

При движении поливной жидкости по трубопроводу ДМ падение напора в нем происходит в результате расхода воды дождевателями, потерь, вызываемых вязким трением жидкости и местных потерь напора, связанных с наличием в конструкции трубопровода конфузальной части.

Напор H_i (м) в трубопроводе в месте расположения i -го штуцера определяется по формулам:

$$H_i = H_{i-1} - h_i \quad (i = 2, \dots, m); \quad H_i = h_0 - h_1,$$

где h_i – потери напора по длине трубопровода с учетом местных потерь, м; h_0 – напор на манометре, м.

$$h_i = \lambda(\Delta, Re) v_{i-1}^2 (R_i - R_{i-1}) / 2gd_i + h_i''.$$

Местные потери h_i'' и скорость движения жидкости в трубопроводе v_i вычисляются следующим образом:

$$h_i'' = \frac{\lambda(\Delta, Re_{i-1})}{8 \sin(\Theta/2)} \frac{v_{i-1}^2}{2gd_i} \left\{ 1 - \left(\frac{d_i}{d_{i-1}} \right)^2 \right\}$$

$$\text{при } d_i < d_{i-1}$$

$$v_i = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2 \times 10^3};$$

Входящая в приведенные выше формулы величина Q_i (л/с) представляет собой транзитный расход жидкости через сечение трубопровода в i -ом месте и вычисляется в соответствии с объемом воды, расходуемым дождевателями:

$$Q_i = Q_{i-1} - q_i - \gamma q_j^T, Q_i = Q_0 - q_i,$$

причем $\gamma = 1$, если дождеватель предшествует сливной насадке ($R_{i-1} < R_j^T < R_i$) и $\gamma = 0$ - в противном случае; Q_0 - общий (суммарный) расход машины (л/с).

Поскольку Q_0 по существу является неизвестной величиной, то для расчета ее значения необходимо использовать итерации $Q_0^{(k)}$ (величина общего расхода машины на k -ом шаге итерации). Нулевое приближение может выбираться из условия, что напор во всех точках трубопровода одинаков и равен h_0 - напору на манометре (приближение сверху). Сходимость итерационного процесса $Q_0^{(k)} \rightarrow Q_0$ при $k \rightarrow \infty$ определяется не только стабилизацией значений $Q_0^{(k)}$, которая наступает обычно достаточно быстро (3-5 итераций), но и полным выбором воды на конце трубопровода ($V_m = 0, Q_m = 0$).

Полив орошаемой площади ведется непосредственно дождевальными аппаратами (дождеобразующими устройствами). Дождевальные струи относят к категории свободных незатопленных струй жидкости. При распаде струи значительного диаметра образуется ряд групп капель различной крупности, средний диаметр капель уменьшается с увеличением скорости истечения и увеличивается с увеличением диаметра струи. При принудительном разбрызгивании струи дальность полета капель должна определяться опытным путем.

Расстановка штуцеров и расположение пролетов по длине ДМ схематизируются с учетом следующих параметров R_j^r - расстояния от центральной опоры до тележки ($j = 1, 2, \dots, n - 1$), м; R_n^r - расстояние от центральной опоры до концевой аппаратуры или длина трубопровода (машины), м; n - число пролетов, включая консоль; R_i - расстояние от центральной опоры до i -го по счету штуцера под дождевателем, предусмотренного техническими условиями ($i = 1, 2, \dots, m$), м; m - число таких штуцеров; R_0 - расстояние от центральной опоры до манометра, м.

Дождеобразующее устройство имеет сложный принцип действия, захватываемая площадь моделируется эллипсом с отношением большой и малой полуосей K_3 . Аналогом r_* для дефлекторной насадки является малая ось рассматриваемого эллипса, причем согласно формуле Лебедева:

$$r_* = (\varepsilon_1/H + \varepsilon_2/d_c)^{-1},$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - эмпирические параметры, принимаются равными соответственно 3 и 0,09; d_c - диаметр сопла дефлекторной насадки, мм.

Дальность полета дождевых струй, разрушающихся на капли, обычно меньше теоретической. При постоянном напоре дальность полета струи зависит от ее диаметра, чем он больше, тем дальше она летит. На дальность полета струи оказывает влияние

тип насадки. Известно, что наилучшими являются насадки с углом конусности от 30 до 400°, когда струя выходит из отверстия диафрагмы вертикально, обтекает дефлектор и принимает коническую форму, пленка воды теряет сплошность и распадается на капли. Площадь орошения такой насадкой принимает площадь круга [7].

Важным этапом в расчете распределения слоя и интенсивности дождя по длине ДМ является описание механизма формирования дождя каждым дождевателем (собственной интенсивности (или так называемой интенсивности без перекрытия) и суммарной, т.е. с учетом влияния соседних дождевателей).

Для дефлекторной насадки устройство и принцип ее работы не позволяют принять допущение о равномерности распределения интенсивности дождя по орошаемой площади. Это связано с тем, что разбрызгиваемая струя приближенно в пространстве имеет форму конуса, в основании которого лежит эллипс. При этом максимальное значение интенсивности дождя под дефлекторной насадкой отмечается в центре указанного эллипса и принимается равным:

$$\rho_{**} = 60 (1 - \beta) 3q/S, S = 0,25 K_z \pi r_*^2,$$

где S – площадь эллипса, m^2 .

Минимальное значение ρ , равное нулю, будет наблюдаться на границах эллипса. Учитывая неравномерный характер интенсивности дождя под дефлекторной насадкой, следует проводить осреднение ρ путем разбивки эллипса на более мелкие площадки.

Определение степени равномерности распределения дождя и оценка качества полива в зависимости от скорости движения проводились при характерной для условий Волгоградской области средней скорости ветра в пределах до 2,5-3 м/с по 3 рядам дождемеров, расставленных по радиусу вдоль оси машины с расстоянием между дождемерами в ряду 2 м (рисунок 1). Направление ветра при всех вариантах поливных норм изменялось в пределах 50-90° к оси водопроводящей линии.



Рисунок 1 – Определение интенсивности дождя ШДМ «ДОН»

Figure 1 – Determination of rain intensity SDM «DON»

В результате математической обработки результатов опыта выявлено сравнительно равномерное распределение слоя выпавших осадков по длине трубопровода при скорости ветра до 3 м/с. Коэффициент эффективного полива при такой скорости ветра и разных поливных нормах изменялся в пределах 0,77-0,81 (таблица 1).

Коэффициент недостаточного полива при этом не превысил 0,09-0,13, избыточного – изменялся в пределах 0,09-0,12. Для сравнения приведены данные, характеризующие качество полива при средней скорости ветра свыше 4 м/с с порывами до 5-6 м/с. В этом случае наблюдается заметное ухудшение качества полива. Коэффициент эффективного полива снижается до 0,62, а недостаточного — увеличивается до 0,20.

Таблица 1 – Оценка качества полива при разной скорости ветра

Table 1 – Assessment of watering quality at different wind speeds

Средняя скорость ветра, м/с / Average wind speed, m / s	Поливная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ / ha	Коэффициенты Codd's		
		эффективного полива / effective watering	недостаточного полива / insufficient watering	избыточного полива / over watering
2,9	230	0,77	0,13	0,10
1,3	240	0,80	0,10	0,10
1,0	290	0,81	0,12	0,09
2,5	525	0,775	0,10	0,125
1,7	904	0,78	0,12	0,10
2,0	396	0,79	0,09	0,12
4,1	385	0,62	0,20	0,18

Исследованиями установлено, что на качество полива, помимо скорости ветра, существенное влияние оказывает точность гидравлической настройки дождевальных аппаратов. Изучение дождевальных машин показало, настройка дождевальных аппаратов не была доведена до нормативных показателей. Вследствие этого наблюдались значительные отклонения от нормы слоя выпавших осадков по длине трубопровода.

Качество полива дождевальными машинами определяется не только равномерностью распределения слоя дождя по площади полива. Неменьшее значение имеет определение оптимальной интенсивности дождя в зависимости от впитывающей способности почвы.

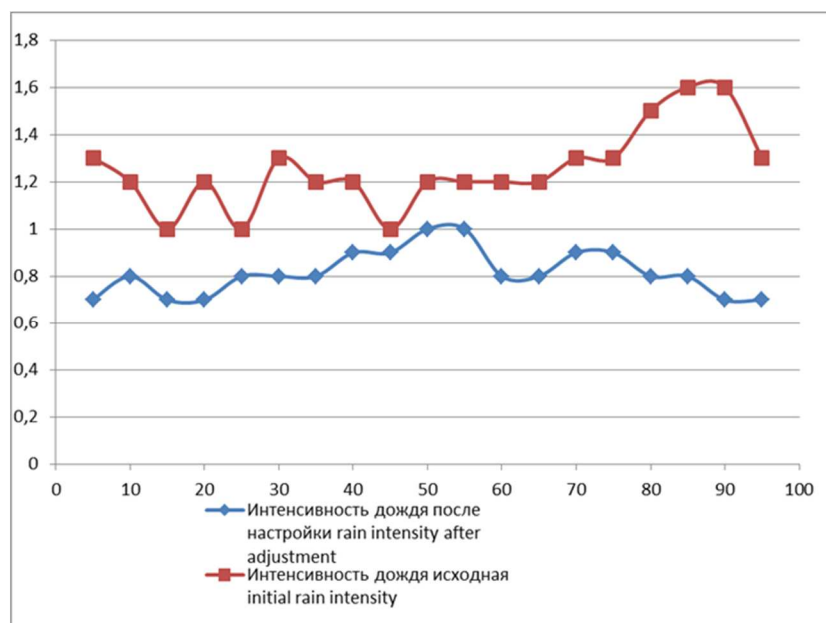


Рисунок 2 – Распределение интенсивности дождя по длине ДМ «ДОН»

Figure 2 – Distribution of rain intensity in the valley of DM "DON"

Наши исследования проходили на светло-каштановых почвах, где наиболее жесткие условия эффективного дождевания. Под действием движущей силы вода перемещается по уклону, создавая пестроту посевов из-за недостатка влаги растениям. Полив с большой интенсивностью дождя приводит к образованию луж и поверхностного стока. Изучение характера изменения интенсивности дождя под машиной «Дон-К» показало, что по длине трубопровода интенсивность дождя равномерно возрастает в направлении от неподвижной опоры к периферийной части агрегата до 0,85 мм/мин (рисунок 2).

Для определения влияния различной интенсивности дождя на качество полива (главным образом на глубину промачивания почвы) в зоне действия машины «Дон» были заложены динамические площадки (рисунок 3). Слой воды, образующийся на поверхности, дает начало микростоку, который собирается в понижениях микрорельефа и визуально фиксируется при появлении небольших лужиц. При безнапорном впитывании происходит медленное увлажнение почвы до тех пор, пока на поверхности отсутствует излишек воды. Под действием гидростатического напора начинается напорное впитывание нестабильной пленки воды и поры полностью заполняются водой. Начало появления небольших лужиц принимаем за момент начала напорной фильтрации.

Количество воды, не успевающей впитаться во время полива, устанавливали с помощью малых стоковых площадок в трехкратной повторности. Поступление фактического слоя дождя на площадку определяли с помощью дождемерных стаканов. Влажность почвы на динамических площадках до полива и глубину промачивания после его проведения определяли методом отбора почвенных проб буром с последующим высушиванием образцов в термостатах [3, 6].



Рисунок 3 – Стоковые площадки

Figure 3 – Stock Pads

Данные по формированию стока воды при разной интенсивности дождя представлены в таблице 2. При проведении первого полива ячменя нормой 400 м³/га на поле перераспределения воды и образования стока не наблюдалось. При втором и последующих поливах отмечено образование луж и стока на участке с толщиной минутного слоя осадков более 0,65 мм. С каждым последующим поливом объем поверхностного

стока на поле увеличивался. Вода стекала в пониженные элементы микрорельефа, что приводило к недостаточной глубине промачивания на повышенных участках поля и к более глубокому промачиванию в понижениях.

Таблица 2 – Влияние поливной нормы и интенсивности дождя на образование стока воды в радиусе захвата машины «Дон-К»

Table 2 – Influence of irrigation rate and rain intensity on the formation of water flow in the capture radius of the Don-K machine

Поливная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ / ha	Сток при средней интенсивности дождя / Stoke at medium rain intensity					
	0,65		0,75		0,85	
	м ³ /га / m ³ / ha	%	м ³ /га / m ³ / ha	%	м ³ /га м ³ / ha	%
240	0	0	17	7	19	12
290	9	3	23	8	49	17
396	20	7	67	17	99	25
525	52	10	110	21	147	28

При поливных нормах свыше 500 м³/га на части поля наблюдается свободное перемещение воды (таблица 2), которая чаще всего перехватывается колеей от подвижных опор дождевальной машины. Из колеи по небольшим понижениям наблюдался сток поливной воды за пределы орошаемой площади.

Выводы. Разнообразие климатических зон обуславливает дифференциальный подход к величине поливных норм. Проведение качественной гидравлической настройки машины позволяет повысить коэффициент эффективного полива на 15-20%. Гидравлическую настройку машины необходимо проводить после зимней расконсервации машины в начале поливного сезона. В дальнейшем необходимо следить за поддержанием нормального давления в аппаратах, а также строго соблюдать инструкцию по эксплуатации дождевальных аппаратов. Дождевальная машина «Дон-К» обеспечивает проведение полностью механизированного и автоматизированного полива с выдачей поливных норм. При скорости ветра до 3 м/с распределение слоя осадков характеризуется достаточно высоким коэффициентом эффективного полива - 0,77-0,81. Коэффициент недостаточного полива при этом не превышает 0,09-0,13, избыточный находится в пределах 0,09-0,12. Толщина минутного слоя дождя по длине поливного трубопровода изменяется от 0,65 до 0,85 мм. Дождь, падая на почву, разрушает агрегаты, поры поверхностного слоя блокируются, водопроницаемость снижается, что приводит к изменению физических свойств почвы, а в дальнейшем к водной эрозии.

Библиографический список

1. Гулевский В. А., Чернышов А. В. Современные направления совершенствования конструкций дождевальных машин кругового действия // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2017. С. 226-229.
2. Зверьков М. С. Численные исследования влияния эффективного давления искусственного дождя на разбрызгивание почвы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 168-183. Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=596>. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-168-183.
3. Исследование качества полива дождевальной машиной "КУБАНЬ-ЛШ" / И. П. Кружилин, А. С. Овчинников, Н. В. Кузнецова, О. В. Козинская // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 102-108.

4. Овчинников А. С., Бочарников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.
5. Ольгаренко Д. Г. Система показателей для оценки качества полива сельскохозяйственных культур дождеванием // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 2. С. 23-27.
6. Снопич Ю. Ф., Челахов В. Ц., Козинская О. В. Исследование качества полива новой дождевальной машиной кругового действия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 43-54.
7. Теоретическое и экспериментальное обоснование параметров дефлекторной насадки / Ю. Ф. Снопич, А. А. Чураев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг, В. М. Филимонова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 104-120. Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec605-field6.pdf. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120.
8. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т., Васильев С. М. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 4(24). С. 1-21. Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.
9. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A. I. Ryazantsev, G. V. Olgarenko, I. A. Uspensky, A. O. Antipov, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, V. A. Makarov, B. A. Nefedorov, E. P. Borovoi, A. D. Akhmedov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. V. 14. № 3. P. 677-685.
10. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and datadase for simulation of irrigated crop growing // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1185-1191.
11. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaia // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol.13. № 13. P. 4181-4184.

Conclusions. A variety of climatic zones leads to a differential approach to the value of irrigation norms. Carrying out high-quality hydraulic adjustment of the machine allows increasing the coefficient of effective irrigation by 15 - 20%. Hydraulic adjustment of the machine must be carried out after winter depreservation of the machine at the beginning of the irrigation season. In the future, it is necessary to monitor the maintenance of normal pressure in the apparatus, and also strictly observe the operating instructions for sprinkler apparatus. The Don-K sprinkler machine provides fully mechanized and automated irrigation with irrigation norms. At wind speeds of up to 3 m / s, the distribution of the precipitation layer is characterized by a sufficiently high coefficient of effective irrigation - 0.77 - 0.81. The coefficient of insufficient watering in this case does not exceed 0.09 - 0.13, the excess is in the range 0.09 - 0.12. The thickness of the minute rain layer along the length of the irrigation pipeline varies from 0.65 to 0.85 mm. Rain falling on the soil destroys the aggregates, the pores of the surface layer are blocked, water permeability decreases, which leads to a change in the physical properties of the soil, and subsequently to water erosion.

References

1. Gulevskij V. A., Chernyshov A. V. Sovremennye napravleniya sovershenstvovaniya konstrukcij dozhdval'nyh mashin krugovogo dejstviya // Rol' agrarnoj nauki v razvitii APK RF: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 105-letiyu FGBOU VO Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I. 2017. P. 226-229.
2. Zver'kov M. S. Chislennye issledovaniya vliyaniya jeffektivnogo davleniya iskus-stvennogo dozhdya na razbryzgivanie pochvy // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 168-183. Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=596>. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-168-183.

3. Issledovanie kachestva poliva dozhdeval'noj mashinoy "KUBAN'-LSh" / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya // Nauchnaya zhizn'. 2015. № 6. P. 102-108.
4. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. Novye tehicheskie resheniya povysheniya [ffektivnosti resursosberegayuschih sposobov poliva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 1 (25). P. 119-124.
5. Ol'garenko D. G. Sistema pokazatelej dlya ocenki kachestva poliva sel'skohozyaj-stvennyh kul'tur dozhdevaniem // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2014. № 2. p. 23-27.
6. Snipich Yu. F., Chelahov V. C., Kozinskaya O. V. Issledovanie kachestva poliva novoj dozhdeval'noj mashinoy krugovogo dejstviya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 4 (36). P. 43-54.
7. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie parametrov deflektornoj nasadki / Yu. F. Snipich, A. A. Churaev, L. V. Yuchenko, M. V. Vajnberg, V. M. Filimonova // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Jelektronnyj resurs]. 2019. № 2(34). P. 104-120. Rezhim dostupa: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec605-field6.pdf. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120.
8. Schedrin V. N., Balakaj G. T., Vasil'ev S. M. Konceptual'noe obosnovanie razrabotki strategii nauchno-tehnicheskogo obespecheniya razvitiya melioracii zemel' v Rossii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Jelektronnyj resurs]. 2016. № 4(24). P. 1-21. Rezhim dostupa: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.
9. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A. I. Ryazantsev, G. V. Olgarenko, I. A. Uspensky, A. O. Antipov, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, V. A. Makarov, B. A. Nefedorov, E. P. Borovoi, A. D. Akhmedov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. V. 14. № 3. P. 677-685.
10. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and datadase for simulation of irrigated crop growing // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1185-1191.
11. 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 // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol.13. № 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, professor, Department of Land Reclamation and IWRM, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Volgograd State Agrarian University (Universitetsky Avenue 26, Volgograd, 400002, Russia, tel. (8442) 41-11-20), doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: aspvolgau@mail.ru

Kuznetsov Yuri Vladimirovich, professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, tel. 8 (8442) 41-81-53, Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Kozinskaya Olga Vladimirovna, associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, tel. 8 (8442) 41-81-53), candidate Agricultural Sciences, Associate Professor e-mail: kozinska1977@mail.ru

Denisova Mariya Alekseevna, assistant of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, assistant tel. 8 (8442) 41-81-53, Assistant, e-mail: masha2008-1988@mail.ru

Информация об авторах

Кузнецова Надежда Владимировна, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. (8442) 41-11-20, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: aspvolgau@mail.ru

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

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, тел. 8 (8442) 41-81-53), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент e-mail: kozinska1977@mail.ru

Денисова Мария Алексеевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, ассистент тел. 8 (8442) 41-81-53), ассистент. E-mail: masha2008-1988@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-08

BIOLOGICAL ACTIVITY AND THE INFLUENCE OF «GUMAVIT» ON SEED GERMINATION

N. Yu. Petrov¹, I. V. Yudaev², E. K. Kuvshinova², S. A. Rodionova¹

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

²*Azovo-Black Sea Engineering Institute, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», Zernograd*

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

Summary

The article presents the results of studies of the effects of liquid humic fertilizer based on peat - Gumavit on some varieties of wheat, barley, and tomatoes. The research results showed that different varieties of wheat and different varieties of tomatoes responded differently to the action of Gumavit. Gumavit fertilizer can be recommended for use in organic farming to produce environmentally friendly products.

Abstract

Introduction. Organic farming is based on organic farming. An important component of organic farming is the use of humic fertilizers and preparations that are catalysts for biochemical processes in the soil. Currently, the production facilities of fertilizer factories are redirecting their attention to the production of biostimulants based on humic substances and other organic compounds. **Object.** The object of research is liquid humic fertilizer based on peat - Gumavit. **Materials and methods.** The effect of liquid humic fertilizer based on peat - Gumavit, obtained by cavitation dispersion of peat in a pulse-shock generator and subsequent alkaline extraction from a water-peat mixture of humic acids, on the germination energy, germination of barley, wheat, tomato seeds, and the growth of these plants was studied. **Results and conclusion.** It is shown that Gumavit did not adversely affect the germination energy and germination of cereal seeds, tomatoes. A positive effect of 0.2% (in humic acids) of the Gumavit solution on the germination energy and germination of seeds of these crops was established. The use of a 0.01% (based on humic acids) solution of Gumavit to moisten the sand during further germination of plants (14 days) had a positive effect on the length and weight of sprouts (Favorit wheat), root mass (Favorit wheat, Kamyshanka-3, Volgogradsky barley-12) in crops, and the mass of roots in tomatoes (varieties Volgogradsky 5/95, Gift of the Trans-Volga region). The increase in the mass of the roots of grains and tomatoes can be explained by the absorption of small fractions of humic substances by the roots of these plants, an increase in the number of lateral roots and hairs on their roots.

Key words: Gumavit, seed treatment, germination energy, germination, crops, tomatoes, sand moistening, length and mass of seedlings.

Citation. Petrov N. Yu., Yudaev I. V., Kuvshinova E. K., Rodionova S. A. Biological activity and the influence of gumavita on seed germination. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 83-94 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-08.

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. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.86:633.1:635.64

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ВЛИЯНИЕ ГУМАВИТА
НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН****Н. Ю. Петров**¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**И. В. Юдаев**², доктор технических наук, профессор**Е. К. Кувшинова**², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**С. А. Родионова**¹, аспирант¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. Получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции основано на ведении органического земледелия. Важной составляющей органического земледелия является применение гуминовых удобрений и препаратов, которые являются катализаторами биохимических процессов в почве. В настоящее время производственные мощности заводов по выпуску удобрений перенаправляют свое внимание на производство биостимуляторов на основе гуминовых веществ и других органических соединений. **Объект.** Объектом исследования является удобрение жидкое гуминовое на основе торфа – Гумавит. **Материалы и методы.** Изучено влияние удобрения жидкого гуминового на основе торфа – Гумавит, полученного методом кавитационной диспергации торфа в импульсно-ударном генераторе и последующей щелочной экстракцией из водноторфяной смеси гуминовых кислот, на энергию прорастания, всхожесть семян ячменя, пшеницы, семян томатов, рост этих растений. **Результаты и выводы.** Показано, что Гумавит не оказал отрицательного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян зерновых, томатов. Установлено положительное влияние 0,2 % (по гуминовым кислотам) раствора Гумавита на энергию прорастания и всхожесть семян указанных культур. Применение 0,01 % (по гуминовым кислотам) раствора Гумавита для увлажнения песка при дальнейшем проращивании растений (14 дней) оказало положительное влияние на длину и массу ростков (пшеница сорта Фаворит), массу корней (пшеница сорта Фаворит, Камышанка-3, ячмень Волгоградский-12) у зерновых культур, и массу корней у томатов (сортов Волгоградский 5/95, Дар Заволжья). Увеличение массы корней зерновых и томатов возможно объяснить поглощением мелких фракций гуминовых веществ корнями этих растений, увеличением количества боковых корней и волосков на их корнях.

Ключевые слова: Гумавит, обработка семян, энергия прорастания, всхожесть семян зерновых, всхожесть семян томатов, увлажнение песка, масса корней зерновых, масса корней томатов.

Цитирование. Петров Н. Ю., Юдаев И. В., Кувшинова Е. К., Родионова С. А. Биологическая активность и влияние Гумавита на прорастание семян. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 83-94. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-08.

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. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важной составляющей органического земледелия является применение гуминовых удобрений и препаратов, которые являются катализаторами биохимических процессов в почве [3]. Гуминовые удобрения и препараты оказывают положительное влияние на почву [1], способны усваиваться растениями [11]. Внесение гуминовых удобрений в почву приводит к усилению её микробиологической активности как в год использования, так и в последующие годы [1].

При использовании гуминовых удобрений в сельском хозяйстве увеличивается урожайность зерновых, кормовых и овощных культур в среднем, на 10-30 %, повышается всхожесть семян и их прорастание, улучшается обмен веществ у растений, повышается поглощение минеральных веществ, усиливается корнеобразование, снижается содержание нитратов, пестицидов, ионов тяжелых металлов и радионуклидов [9].

Промышленное производство гуминовых препаратов как в России, так и в ряде зарубежных стран осуществляют на многочисленных предприятиях. В настоящее время производственные мощности заводов по выпуску удобрений перенаправляют свое внимание на производство биостимуляторов на основе гуминовых веществ и других органических соединений.

Одним из видов гуминовых препаратов являются жидкие гуминовые удобрения на основе торфа. Состав и свойства гуминовых препаратов меняются в зависимости не только от источника гуминового сырья (торфа, угля и т.д.), но и от особенностей месторождения и технологии получения гуминовых продуктов [2]. Технологии производства гуминовых удобрений, основанные на щелочной экстракции гуминовых веществ из торфа с последующим их экстрагированием и очисткой, широко известны [6].

В процессе переработки торфа при производстве жидких гуминовых препаратов наиболее значимым является процесс активации торфа [4]. Известно, что кавитация вызывает и/или усиливает различные биологические, физические или химические процессы [10]. Одним из перспективных методов активации торфа для его химического модифицирования является кавитационная обработка в водной среде в кавитационных аппаратах [4]. В процессе кавитационного диспергирования происходят измельчение частиц торфа, диффузия, растворение гуминовых веществ и их вымывание в раствор. Все процессы происходят одновременно, взаимно влияют друг на друга и составляют суть процесса экстракции [6].

В настоящее время известно несколько методов кавитационной обработки биологических объектов в водной среде: ультразвуковой [6, 10, 12, 13], гидродинамический [4, 6, 8, 12, 13], электрогидравлический [5, 7].

Одним из методов активации торфа является импульсно-ударный метод, который основан на высокоэффективном (практически стехиометрическом) сжигании природного газа над водно-торфяной смесью. При данном способе получения кавитации происходит прямая передача ударной энергии газо-воздушной смеси к обрабатываемому водно-торфяному раствору, что вызывает его механическую деформацию с возникновением интенсивной кавитации в смеси. В экспериментальной установке импульсно-ударного генератора мощность воздействия на водно-торфяную смесь достигает 70 Вт/см². Поэтому изучение влияния удобрения жидкого гуминового на основе торфа Гумавит (далее по тексту Гумавит), полученного вышеуказанным методом, на семена сельскохозяйственных культур считаем весьма актуальным и своевременным.

Цель исследований – изучить влияние Гумавита на энергию прорастания, всхожесть и биометрические параметры проростков ячменя, пшеницы и томатов в лабораторных условиях.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2018 году в условиях производственной лаборатории ООО «Радиотехника» (Москва). Материалом для изучения послужили семена следующих сортов, возделываемых в сельском хозяйстве растений: яровой пшеницы Фаворит, озимой пшеницы Камышанка-3, ярового ячменя Волгоградский-12, томатов Волгоградский 5/95 и Дар Заволжья.

Исходным сырьем для производства Гумавита был взят торф из Рязанской области Клепиковского района, поселка Болонь, Макеевский мыс. Для приготовления растворов, которыми обрабатывали семена растений и увлажняли песок, использовали Гумавит следующего химического состава: гуминовые кислоты – 20 г/л, азот общий – 2,0 г/л, калий – 12 г/л (K₂O), фосфор – 15 г/л (P₂O₅).

Для определения энергии прорастания и всхожести зерновых и томатов из семян этих растений были сформированы четыре группы: одна контрольная и три опытные. Для всех групп отобраны четыре партии семян по 100 штук в каждой. В опытных группах семена обрабатывали Гумавитом. За окончательный результат исследований брали среднее арифметическое значение результатов в опытах.

Анализ всхожести и энергию прорастания семян ячменя, пшеницы, томатов проводили в соответствии с ГОСТ 12038-84. Зерно ячменя и пшеницы проращивали в чашках Петри, размещая их между слоями фильтровальной бумаги при температуре +20 °С, в темноте, значение энергии прорастания определяли на 3-и сутки, всхожесть – на 7-е сутки.

Семена томатов проращивали также в чашках Петри, размещая их между слоями фильтровальной бумаги при температуре +25 °С, в темноте, значение энергии прорастания томатов определяли на 5-е сутки, всхожесть – на 10-е сутки.

Для определения влияния Гумавита на энергию прорастания и всхожесть выше-названных культур их семена смачивали раствором Гумавита (ГК – гуминовые кислоты) согласно схеме 1:

- контроль – обработка семян водопроводной водой;
- 1-опытная группа – Гумавит 0,4 % (по ГК);
- 2-опытная группа – Гумавит 0,2 % (по ГК);
- 3-опытная группа – Гумавит 0,02 % (по ГК).

Проросшие семена зерновых на 4-е сутки, а семена томатов после 10-ти суток высаживали в песок, специально подготовленный для этого по ГОСТ 12038-84.

В связи с тем, что гуминовые вещества оказывают стимулирующее влияние на обрабатываемые растения при низких концентрациях (0,1-0,001 %), а вот при более высоких концентрациях проявляется ингибирующий эффект, увлажнение песка осуществляли согласно схеме 2:

- контроль – песок увлажняли водопроводной водой;
- 1-опытная группа – песок увлажняли Гумавитом 0,1 % (по ГК);
- 2-опытная группа – песок увлажняли Гумавитом 0,01 % (по ГК);
- 3-опытная группа – песок увлажняли Гумавитом 0,001 % (по ГК).

Влияние Гумавита на растения ячменя, пшеницы и томатов, полученные из проросших семян, выявляли после проращивания их в песке в течение 14 суток. Растения выдерживали в песке при комнатной температуре (+22 °С) и периодически (по мере просыхания песка) увлажняли его растворами Гумавита.

Затем растения извлекали из песка, промывали водопроводной водой и проводили измерения длины и массы частей растений (корней, ростков). Сырую массу частей растений (корней, ростков) пшеницы, ячменя, томатов определяли методом взвешивания на аналитических весах.

Результаты и обсуждение. В опытных группах семян пшеницы сорта Фаворит наибольшие показатели по значению энергии прорастания 80 % и всхожести 84 % были отмечены во 2-опытной группе с обработкой семян раствором Гумавита с концентрацией гуминовых кислот 0,2 %, а наименьшие – в 1-опытной группе с концентрацией гуминовых кислот 0,4 %. Значения показателей энергии прорастания и всхожести во 2-опытной группе были выше, чем в контрольной на 40 и 21 %, соответственно.

Энергия прорастания и всхожесть семян пшеницы сорта Камышанка-3 в опытных группах была выше, чем в контрольной. Максимальная энергия прорастания и всхожесть у этого сорта пшеницы отмечалась также при обработке семян раствором Гумавита с концентрацией гуминовых кислот 0,2 %: соответственно указанным показателям – 62 и 65 %. Значения этих показателей были выше, чем в контрольной группе на 29 и 14 %, соответственно. В опытных группах наименьшее значение энергии прорастания семян пшеницы сорта Камышанка-3 отмечалось в 1-опытной группе, однако этот показатель был выше, чем в контрольной на 8 %.

На применение Гумавита хорошо отреагировали и семена ячменя сорта Волгоградский-12, у которых отмечена высокая энергия прорастания и всхожесть во всех опытных группах. Максимальная энергия прорастания 95 % и всхожесть ячменя 96 % были получены во 2-опытной группе, где семена обрабатывали Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,2 %. Значения этих показателей были выше, чем в контрольной группе на 33 и 15 %, соответственно. В 1- и 3-опытных группах энергия прорастания и всхожесть семян были ниже, чем во 2-опытной, но выше, чем в контрольной группе. Результаты исследований по проращиванию семян пшеницы, ячменя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние Гумавита на энергию прорастания и всхожесть семян зерновых культур

Table 1 – Influence of Gumavit on the germination energy and germination of seeds of grain crops

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Сорт / Variety					
		пшеница Фаворит / wheat Favorite		пшеница Камышанка-3 / wheat Kamyshanka-3		ячмень Волгоградский-12 / barley Volgogradsky-12	
		энергия прорастания, % / energy sprouting, %	всхожесть, % / germination, %	энергия прорастания, % / energy sprouting, %	всхожесть, % / germination, %	энергия прорастания, % / energy sprouting, %	всхожесть, % / germination, %
Контроль / The control	Водопр. Вода / Tap water	57	69	48	57	71	83
1-Опытная / 1-Experienced	0,4%	36	42	51	59	91	92
2-Опытная / 2-Experienced	0,2%	80	84	62	65	95	96
3-Опытная / 3-Experienced	0,02%	71	80	52	59	73	87
	<i>Хср.</i>	<i>61,0</i>	<i>68,8</i>	<i>53,3</i>	<i>60,0</i>	<i>82,5</i>	<i>89,5</i>
	<i>V, %</i>	<i>31,4</i>	<i>27,5</i>	<i>11,4</i>	<i>5,8</i>	<i>14,9</i>	<i>6,4</i>

В условиях опыта степень варьирования значений энергии прорастания и всхожести у сорта пшеницы Фаворит была значительной (31,4 и 27,5 %), другие показатели варьировали в средней (11,4 и 14,9 %) и незначительной степени (5,8 и 6,4 %).

Одновременно проводились опыты по определению эффективности Гумавита на прорастание семян томатов Волгоградский 5/95 и Дар Заволжья. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Максимальная энергия прорастания (55 %) и всхожесть (93 %) семян томатов сорта Волгоградский 5/95 наблюдались во второй опытной группе, где использовали Гумавит с концентрацией гуминовых кислот 0,2 %, причем эти показатели были выше, чем в контрольной группе на 66,6 и 13 %, соответственно. В 1-опытной группе энергия прорастания (49 %) и всхожесть (91 %) семян были ниже по сравнению со 2-опытной группой на 18,6 и 2 %, соответственно, но выше, чем на контроле. В 3-опытной группе энергия прорастания была ниже, чем в контрольном варианте на 9 %.

Таблица 2 – Влияние Гумавита на энергию прорастания и всхожесть семян томатов

Table 2 – Influence of Gumavit on the germination energy and germination of tomato seeds

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Сорт / Variety			
		Волгоградский 5/95 / Volgogradsky 5/95		Дар Заволжья / Dar Zavolzh'ya	
		энергия прорастания, % / energy sprouting, %	всхожесть, % / germination, %	энергия прорастания, % / energy sprouting, %	всхожесть, % / germination, %
Контроль / The control	Водопр. Вода / Tap water	33	82	60	83
1-Опытная / 1-Experienced	0,4%	49	91	61	86
2-Опытная / 2-Experienced	0,2%	55	93	62	89
3-Опытная / 3-Experienced	0,02%	30	88	61	85
	<i>Хср.</i>	42	89	61	86
	<i>V, %</i>	29,1	5,4	1,3	2,9

Как видно из таблицы 2, при использовании Гумавита с концентрацией гуминовых кислот 0,2 %, семена томата сорта Дар Заволжья во 2-опытной группе имели более высокую энергию прорастания (62 %) и всхожесть (89 %), что больше, чем в контрольной группе на 3 и 7 %, соответственно. Однако эти показатели в опытных группах для семян томата Дар Заволжья практически не отличались от аналогичных показателей контрольной группы. Энергия прорастания и всхожесть семян томата сорта Волгоградский 5/95 были ниже, чем у сорта Дар Заволжья, однако эти показатели в опытных группах значительно отличались от показателей в контрольной группе. В опыте с томатами сильная степень варьирования признака – энергии прорастания – была отмечена у сорта Волгоградский 5/95 (29,1 %), у остальных показателей степень варьирования была незначительной (1,3-5,4 %).

Таблица 3 – Влияние Гумавита на длину и массу проростков пшеницы сорта Фаворит

Table 3 – The Influence of Gumavit on the length and weight of seedlings of wheat varieties Favorit

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Длина корней, м / The length of the roots, m	Масса корней, г / The mass of roots, g	Длина ростка, м / Sprout length, m	Масса ростка, г / Sprout mass, g
Контроль / The control	Водопр. вода/ Tap water	0,204	0,0779	0,246	0,1802
1-Опытная / 1-Experienced	0,1%	0,284	0,1005	0,240	0,2176
2-Опытная / 2-Experienced	0,01%	0,294	0,1200	0,259	0,2245
3-Опытная / 3-Experienced	0,001%	0,193	0,0714	0,216	0,1356
	<i>Хср.</i>	0,24	0,09	0,24	0,19
	<i>V, %</i>	21,6	24,0	7,5	21,6

Результаты исследований по формированию проростков в песке свидетельствуют о том, что длина и масса корней, как и длина и масса ростков у пшеницы сорта Фаворит во 2-опытной группе были выше, чем в контрольной – на 44 %, 54 % и 5 %, 24 % соответственно. В 1-опытной группе все показатели были выше, чем в контрольной и 3-опытной группе, но меньше, чем во 2-опытной группе. Все показатели у пшеницы сорта Фаворит в 3-опытной группе были минимальными (таблица 3).

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что от изменения концентрации Гумавита у сорта Фаворит в очень слабой степени изменялась длина ростка (7,5 %), остальные показатели варьировали в значительной степени (21,6-24 %).

Таблица 4 – Влияние Гумавита на длину и массу проростков пшеницы сорта Камышанка-3

Table 4 – The Influence of Gumavit on the length and weight of seedlings of wheat varieties Kamyshanka-3

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Длина корней, м / The length of the roots, m	Масса корней, г / The mass of roots, g	Длина ростка, м / Sprout length, m	Масса ростка, г / Sprout mass, g
Контроль / The control	Водопр. вода / Tap water	0,195	0,0753	0,273	0,1288
1-Опытная / 1-Experienced	0,1%	0,145	0,0666	0,261	0,1216
2-Опытная / 2-Experienced	0,01%	0,216	0,1034	0,267	0,1363
3-Опытная / 3-Experienced	0,001%	0,144	0,0735	0,262	0,1162
	<i>Хср.</i>	<i>0,18</i>	<i>0,08</i>	<i>0,27</i>	<i>0,13</i>
	<i>V, %</i>	<i>20,7</i>	<i>20,4</i>	<i>2,1</i>	<i>6,9</i>

Из анализа данных таблицы 4 видим, что длина и масса корней пшеницы сорта Камышанка-3 во 2-опытной группе была больше, чем в контрольной на 11 и 37 %, соответственно. Длина ростка во всех опытных группах практически не изменялась, но была меньше, чем в контроле. Масса ростка во 2-опытной группе была больше, чем в контрольной на 6 %, также была больше, чем в 1 и 3-опытных группах. Длина корней в 1 и 3-опытных группах была ниже, чем в контроле, на 17 и 16 %, соответственно.

Таблица 5 – Влияние Гумавита на длину и массу ростков ячменя

Table 5 – Effect of Gumavit on the length and mass of barley sprouts

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Ячмень сорт Волгоградский-12 / Barley grade Volgogradsky-12			
		Длина корней, м / The length of the roots, m	Масса корней, г / The mass of roots, g	Длина ростка, м / Sprout length, m	Масса ростка, г / Sprout mass, g
Контроль / The control	Водопр. вода / Tap water	0,196	0,0956	0,289	0,3364
1-Опытная / 1-Experienced	0,1%	0,233	0,1175	0,249	0,2779
2-Опытная / 2-Experienced	0,01%	0,245	0,1234	0,271	0,2968
3-Опытная / 3-Experienced	0,001%	0,224	0,1152	0,257	0,2922
	<i>Хср.</i>	<i>0,22</i>	<i>0,11</i>	<i>0,27</i>	<i>0,30</i>
	<i>V, %</i>	<i>9,3</i>	<i>10,7</i>	<i>6,6</i>	<i>8,3</i>

Отмеченной особенностью сорта Камышанка-3 было то, что изменение концентрации Гумавита в сильной степени влияло на развитие корневой системы и практически не оказывало влияния на длину и массу ростков.

Как видно из представленных данных таблицы 5, во 2-опытной группе, где использовали Гумавит с концентрацией гуминовых кислот 0,01 %, длина и масса корней ячменя сорта Волгоградский-12 были больше, чем в контрольной группе на 25 и 29 %, соответственно, а вот длина ростка и его масса меньше, чем в контрольной группе на 6 и 12 %, соответственно, но больше, чем в 1- и 3-опытных группах. Длина и масса корней во всех опытных группах была больше, чем в контрольной, а вот длина и масса ростков во всех опытных группах была меньше, чем в контроле.

Результаты исследований по проращиванию томата сорта Волгоградский 5/95 в песке приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Влияние Гумавита на длину и массу корней и ростков томата

Table 6 – The Influence of Gumavit on the length and weight of the roots and sprouts of tomato

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Томат сорт Волгоградский 5/95 / Tomato grade Volgogradsky 5/95			
		Длина кор- ней, м / The length of the roots, m	Масса кор- ней, г / The mass of roots, g	Длина ростка, м / Sprout length, m	Масса ростка, г / Sprout mass, g
Контроль / The control	Водопр. вода / Tap water	0,39	0,0827	0,37	0,1991
1-Опытная / 1-Experienced	0,1%	0,38	0,0873	0,37	0,1972
2-Опытная / 2-Experienced	0,01%	0,39	0,1109	0,40	0,2238
3-Опытная / 3-Experienced	0,001%	0,40	0,0936	0,38	0,1985
	<i>Хср.</i>	<i>0,39</i>	<i>0,09</i>	<i>0,38</i>	<i>0,20</i>
	<i>V, %</i>	<i>2,1</i>	<i>13,2</i>	<i>3,7</i>	<i>6,3</i>

Данные таблицы свидетельствуют о том, что длина корней томата сорта Волгоградский 5/95 во всех группах практически не отличалась друг от друга, а их масса во 2-опытной группе была больше, чем в контрольной группе, на 34 %, и на 5 и 13 % больше, чем в 1- и 3-опытных группах, соответственно. Длина ростков томата Волгоградский 5/95, также незначительно отличалась друг от друга во всех группах (опытной и контрольных), а вот масса ростка во 2-опытной группе была выше, чем в контрольной группе на 12,4 %.

Результаты исследований по проращиванию томата Дар Заволжья отображены в таблице 7.

Томат сорта Дар Заволжья отозвался на применение Гумавита тем фактом, что масса корня и ростка во 2-опытной группе были больше, чем в контрольной, на 28 и 19 %, соответственно, длина корня и ростка были на уровне контрольной группы. Длина и масса корня в 1 и 3-опытных группах изменялись незначительно по отношению к контрольной группе.

Обработка семян пшеницы сорта Фаворит Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,2 % оказала положительный эффект на энергию прорастания и всхожесть. В тоже время при обработке Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,02 % был получен результат, практически не отличающийся от результатов в контрольной группе (без обработки). При использовании Гумавита с концентрацией гуминовых кислот 0,4% были получены результаты ниже, чем в контрольной группе.

Таблица 7 – Влияние Гумавита на длину и массу корней и ростков томата

Table 7 – The Influence of Gumavit on the length and weight of the roots and sprouts of tomato

Группа / Group	Концентрация гуминовых кислот / Concentration Humic Acid	Томат сорт Дар Заволжья / Tomato grade Dar Zavolzh'ya			
		Длина корней, м / The length of the roots, m	Масса корней, г / The mass of roots, g	Длина ростка, м / Sprout length, m	Масса ростка, г / Sprout mass, g
Контроль / The control	Водопр. вода/ Tap water	0,48	0,0951	0,48	0,1836
1-Опытная / 1-Experienced	0,1 %	0,48	0,0909	0,47	0,1898
2-Опытная / 2-Experienced	0,01 %	0,42	0,1222	0,45	0,2192
3-Опытная / 3-Experienced	0,001 %	0,47	0,0961	0,48	0,1985
	<i>Хср.</i>	<i>0,46</i>	<i>0,10</i>	<i>0,47</i>	<i>0,20</i>
	<i>V, %</i>	<i>6,2</i>	<i>14,1</i>	<i>3,0</i>	<i>7,9</i>

Обработка семян пшеницы сорта Камышанка-3 Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,2 % оказала положительный эффект на энергию прорастания и всхожесть, почти такой же эффект оказала обработка семян Гумавитом с концентрацией 0,02 %. Во всех опытных группах показатели энергии прорастания и всхожести были выше, чем в контрольной.

Обработка семян ячменя Волгоградский-12 Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,2 % оказала положительный эффект на их энергию прорастания и всхожесть, а при использовании Гумавита с концентрациями гуминовых кислот 0,4 и 0,02 % получен эффект по энергии прорастания и всхожести на уровне контрольной группы.

При обработке семян томата сорта Волгоградский 5/95 Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,2% наблюдалось увеличение энергии прорастания и всхожести. А томат сорта Дар Заволжья на применение Гумавита с разными концентрациями гуминовых кислот не реагировал.

При проращивании зерновых, томатов в течение 14 суток в песке, увлажнённом Гумавитом, согласно схеме 2, семена этих культур по-разному откликнулись на его использование.

Проростки пшеницы сорта Фаворит, высаженные в песок, смоченный Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,01 %, отличались большей длиной и массой, чем в контрольной группе.

При увлажнении песка Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,01% сорт пшеницы Камышанка-3 положительно реагировал массой и длиной корней, в тоже время длина и масса ростка были на уровне контрольной группы.

Корни у ячменя сорта Волгоградский-12, при смачивании песка Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,01 %, отличались большей, чем в контрольной группе, массой и длиной, а вот длина и масса ростка у данных растений была меньше, чем в контрольной группе.

У томата сорта Волгоградский 5/95, выращенного в песке, смоченном Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,01 % длина корней была на уровне контрольной группы, а масса была больше, чем в контрольной группе. Длина и масса ростков изменялась аналогично.

У томата сорта Дар Заволжья при смачивании песка Гумавитом с концентрацией гуминовых кислот 0,01 %, длина корней и ростка была меньше, а вот их масса была больше, чем в контрольной группе.

Положительные эффекты объясняются влиянием гуминовых веществ на физиологические и метаболические процессы, протекающие в растениях. Добавление гуминовых веществ стимулирует поглощение питательных веществ, проницаемость клеток и, по-видимому, регулирует механизмы, участвующие в стимуляции роста растений. В определенных условиях гуминовые вещества могут стимулировать рост растений с точки зрения увеличения длины растения и их сухой или свежей массы. Эти эффекты, по-видимому, зависят от концентрации и источника гуминового вещества на видах растений, и возрасте, а также от условий культивирования в ходе испытания [11].

Многие исследования подтверждают гипотезу о прямом влиянии гуминовых веществ на физиологию растений, в частности в отношении формирования корневых волосков и развития боковых корней [11]. Предположительно масса корней увеличивалась за счет образования боковых корней и корневых волосков.

Выводы. На примере ячменя сорта Волгоградский-12, пшеницы сортов Камышанка-3, Фаворит, было установлено, что смачивание семян в Гумавите с концентрацией гуминовых кислот 0,2 % перед проращиванием оказало положительное влияние на их энергию прорастания и всхожесть. Дальнейшее проращивание ячменя и пшеницы в песке показало, что использование Гумавита с концентрациями гуминовых кислот 0,01 % для смачивания песка положительно повлияло на рост и массу корней растений.

Обработка Гумавитом (0,2% гуминовых кислот) семян томатов сортов Дар Заволжья, Волгоградский 5/95 оказала положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть. Смачивание песка Гумавитом с концентрациями 0,01% гуминовых кислот, в котором проращивали растения томатов, положительно повлияло на рост и массу корней, и формирование массы растений в первые 14 суток проращивания.

Удобрение жидкое гуминовое на основе торфа Гумавит, полученное методом кавитационной диспергации торфа в импульсно-ударном генераторе и последующей щелочной экстракцией из водно-торфяной смеси гуминовых кислот, не оказало отрицательного влияния на обработанные им семена.

Проросшие семена вышеописанных сортов, высаженные в песок, смоченный Гумавитом, в течение 14 суток положительно реагировали на использование этого удобрения. Однако требуется дальнейшее изучение влияния Гумавита на сельскохозяйственные культуры.

Библиографический список

1. Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4(60). С. 11-14.
2. Биологическая активность гумусовых веществ и их влияние на свойства семян / Г. Н. Федотов, М. Ф. Федотова, В. С. Шалаев, Ю. П. Батырев // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2017. Том 21. №2. С. 26-36. DOI:10.18698/2542-1468-2017-2-26-36.
3. Влияние на почвенное плодородие гуминовых удобрений и препаратов/ О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, А. В. Горовцов, В. А. Лыхман, П. Д. Павлов // Живые и биокосные системы. 2016. № 18. С. 1-16. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-1>.
4. Гайбарян М. А., Ушаков О. В., Соколин В. М. Новые технические решения в технологической линии для производства гуминовых удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 6. С. 42-45.
5. Денисюк Е. А., Митрофанов Р. А., Носова И. А. Особенности электрогидравлической обработки торфа // Вестник НГИЭИ. Серия Технические науки. 2013. № 6. С. 36-46.

6. Измайлов А. Ю., Сорокин К. Н. Совершенствование элементов теории кавитационной диспергации торфа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 5. С. 29-33.
7. Обоснование устройства для электрогидравлической обработки водных растворов / А. А. Белов, А. А. Мусенко, А. Н. Васильев, В. Н. Топорков // Вестник аграрной науки Дона. 2019. №2(46). С. 23-29.
8. Промтов М. А., Степанов А. Ю., Алешин А. В. Кинетика экстрагирования гуминовых и фульвокислот в роторном импульсном аппарате // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. Т. 23. № 2. С. 265-273.
9. Сорокин К. Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа: автореферат диссертации кандидата технических наук. Москва, 2015. 22 с.
10. Alhelfi A., Sundén B. The cavitation phenomenon: a literature survey // WIT Transactions on Engineering Sciences. 2014. Vol 83. P. 351-362. DOI:10.2495/HT140311.
11. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites / G. B. Conselvan, D. Pizzeghello, O. Francioso, M. Di Foggia, S. Nardi, P. Carletti // Plant Soil. 2017. № 420. P. 119-134. DOI 10.1007/s11104-017-3373-z.
12. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Formation of Humic Acids under Cavitation Impact on Peat in Aqueous Alkaline Media // Chemistry for Sustainable Development. 2014. Vol. 22. P. 119-121.
13. Zmanovskaya A. S., Dudkin D. V. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // Chemistry for Sustainable Development. 2013. Vol. 21. P. 341-345.

Conclusions. Using the example of Volgogradsky-12 barley and Kamyshanka-3 wheat, a Favorite, it was found that wetting the seeds in Gumavite with a concentration of 0.2% humic acids before germination had a positive effect on their germination energy and germination. Further germination of barley and wheat in the sand showed that the use of Gumavite with humic acid concentrations of 0.01% for wetting the sand had a positive effect on the growth and weight of plant roots.

Treatment with Gumavit (0.2% humic acids) of tomato seeds of the Dar Zavolzhyia and Volgogradsky 5/95 varieties had a positive effect on germination energy and germination. Wetting the sand with Gumavite with concentrations of 0.01% humic acids, in which tomato plants were sprouted, positively affected the growth and weight of the roots, and the formation of the mass of plants in the first 14 days of germination.

Liquid humic fertilizer based on gumavit peat, obtained by cavitation dispersion of peat in a pulse-shock generator and subsequent alkaline extraction from a water-peat mixture of humic acids, did not have a negative effect on the seeds treated with it.

Sprouted seeds of the above-described varieties, planted in sand moistened with Gumavite, reacted positively to the use of this fertilizer for 14 days. However, further study of the effect of Gumavite on agricultural crops is required.

References

1. Bezuglova O. S., Polyenko E. A., Horovtsov A. V. Humic preparations as plant and micro-organism growth stimulants (review) // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 4 (60). P. 11-14.
2. Biological activity of humic substances and their effect on the properties of seeds / G. N. Fedotov, M. F. Fedotova, V. S. Shalaev, Yu. P. Batyrev // Forestry Bulletin. 2017. V. 21. No. 2. P. 26-36. DOI: 10.18698 / 2542-1468-2017-2-26-36.
3. Effect on soil fertility of humic fertilizers and preparations / O. S. Bezuglova, E. A. Polyenko, A. V. Gorovtsov, V. A. Lykhan, P. D. Pavlov // Living and biocos systems. 2016. No. 18. P. 1-16. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-1>
4. Gaybaryan M. A., Ushakov O. V., Sokolin V. M. New technical solutions in the technological line for the production of humic fertilizers // Agricultural machines and technologies. 2015. No. 6. P. 42-45.

5. Denisjuk E. A., Mitrofanov R. A., Nosova I. A. Features of electro-hydraulic processing of peat // Bulletin of the NIIEL. Series Engineering. 2013. No. 6. P. 36-46.
6. Izmailov A. Yu., Sorokin K. N. Perfection of elements of the theory of cavitation dispersion of peat // Agricultural machines and technologies. 2015. No. 5. P. 29-33.
7. Justification of the device for electro-hydraulic treatment of aqueous solutions / A. A. Belov, A. A. Musenko, A. N. Vasiliev, V. N. Toporkov // Bulletin of Agricultural Science of the Don. 2019. No. 2 (46). P. 23-29.
8. Promtov M. A., Stepanov A. Yu., Aleshin A. V. Kinetics of extraction of humic and fulvic acids in a rotary pulse apparatus // Bulletin of the Tambov State Technical University. 2017. V. 23. No. 2. P. 265-273.
9. Sorokin K. N. Justification of the technical parameters of the technological line for the production of humic fertilizers from peat: Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Moscow, 2015. 22 p.
10. Alhelfi A., Sunden B. The cavitation phenomenon: a literature survey // WIT Transactions on Engineering Sciences. 2014. Vol 83. P. 351-362. DOI:10.2495/HT140311.
11. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites / G. B. Conselvan, D. Pizzeghello, O. Francioso, M. Di Foggia, S. Nardi, P. Carletti // Plant Soil. 2017. № 420. P. 119-134. DOI 10.1007/s11104-017-3373-z.
12. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Formation of Humic Acids under Cavitation Impact on Peat in Aqueous Alkaline Media // Chemistry for Sustainable Development. 2014. Vol. 22. P. 119-121.
13. Zmanovskaya A. S., Dudkin D. V. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // Chemistry for Sustainable Development. 2013. Vol. 21. P. 341-345.

Author information

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering", FSBEI HE Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), doctor of agricultural Sciences, Professor E-mail: technolog_16@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich, Professor, Deputy Director for scientific work of the Azov-black sea engineering Institute (Russian Federation, FSBEI HE Donskoy GAU, Rostov region, Zernograd, Lenin street, 21), doctor of technical Sciences, Professor E-mail: etsh1965@mail.ru

Kuvshinova Elena Konstantinovna, associate Professor of the Department of agronomy and selection of agricultural crops of the Department of agronomy and selection of agricultural crops of the Azov-black sea engineering Institute (Russia, FSBEI HE Donskoy GAU Rostov region, Zernograd, Lenin street, 21), candidate of agricultural Sciences, associate Professor
ORCID: 0000-0002-3769-4718. E-mail: kuv.ek61@yandex.ru.

Rodionova Svetlana Anatolyevna, post-graduate student of the agrotechnological faculty of the Volgograd state agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, southern Federal district, Volgograd region, 400002). E-mail: rodionova-s-@mail.ru

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры "Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: technolog_16@mail.ru

Юдаев Игорь Викторович, профессор, заместитель директора по научной работе Азово-Черноморского инженерного института (РФ, ФГБОУ ВО Донской ГАУ Ростовская область, г. Зерноград, улица Ленина, 21), доктор технических наук, профессор. E-mail: etsh1965@mail.ru

Кувшинова Елена Константиновна, доцент кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур Азово-Черноморского инженерного института (РФ, ФГБОУ ВО Донской ГАУ Ростовская область, г. Зерноград, улица Ленина, 21), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ORCID: 0000-0002-3769-4718.
E-mail: kuv.ek61@yandex.ru.

Родионова Светлана Анатольевна, аспирант агротехнологического факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: rodionova-s-@mail.ru

STUDY OF COMPONENTS OF WINTER RESISTANCE OF PLUM OF DIFFERENT ORIGIN

A. V. Solonkin, O. A. Nikolskaya, E. N. Kikteva

*Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences (FSC Agroecology RAS), Volgograd*

Received 18.04.2020

Submitted 25.05.2020

The studies were carried out as part of the implementation of state task No. 0713-2019-0009 "Theoretical foundations, the creation of new competitive biotypes of agricultural crops with high productivity, quality, sustainability and variety technologies based on the latest methods and technological solutions in a changing climate" (state registration number AAAA -A19-119042290013-8) financing of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Summary

The article presents the results of assessing the winter hardiness of plum and diploid plum samples. The results of the studies showed that all the studied samples of varieties had practically no significant differences in the degree of winter hardiness. At the same time, insignificant frost damage was observed for individual varietal samples. The selected samples have a fairly high winter hardiness and can be recommended for cultivation in the Volgograd region.

Abstract

Introduction. One of the important conditions for growing and obtaining stable yields of stone fruit crops in a particular area is their adaptability, and in particular winter hardiness. Based on this, a study to study the various winter hardiness components of plums, depending on the species origin of the crop, is considered important and mandatory when selecting an assortment for a particular region in which it is planned to be cultivated. **Purpose.** Study of the resistance of plum varieties to damaging factors of the winter period, depending on their species and geographical origin, in natural and controlled conditions. **Materials and methods.** The study used various methods. In the field, winter hardiness and frost resistance of various plum varieties were assessed over the past three years by generally accepted methods. In the laboratory, studies were conducted to evaluate the various components of winter hardiness (K1, K2, K3) during artificial freezing to determine maximum stability. Objects Varieties and hybrids of various types of plums concentrated in the collection plantations of the laboratory for selection and technology of fruit crops of the Federal Scientific Center for Agroecology, integrated land reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (FSC Agroecology RAS), located in the Dubovsky district of the Volgograd region. **Results and conclusions.** According to three-year field observations, as well as data obtained under controlled conditions during artificial freezing at low temperatures (up to -30 ° C), the most winter-hardy varieties of home plum and diploid plum were identified. An analysis of the data did not reveal significant differences in winter hardiness among the studied plum variety varieties, both of different species and geographical origin. The selected variety samples are highly resistant to adverse winter factors, at and above control samples, and can be grown and bear fruit stably in the conditions of the Volgograd region.

Key words: plum, winter hardiness, frost hardiness, vegetative growth, generative buds, artificial freezing.

Citation. Solonkin A. V., Nikolskaya O. A., Kikteva E. N. The study of the components of winter hardiness of plums of various origin. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 95-104 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-09.

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 634.22:581.522.4

**ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЗИМОСТОЙКОСТИ СЛИВЫ
РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ****А. В. Солонкин¹**, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель
селекционного центра**О. А. Никольская**, старший научный сотрудник¹, аспирант².**Е. Н. Киктева**, научный сотрудник¹, аспирант²¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения РАН (ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 18.04.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0009 «Теоретические основы, создание новых конкурентоспособных биотипов сельскохозяйственных культур с высокими показателями продуктивности, качества, устойчивости и сортовые технологии на основе новейших методов и технологических решений в условиях изменяющегося климата» (№ госрегистрации АААА-А19-119042290013-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Одним из важных условий выращивания и получения стабильных урожаев косточковых плодовых культур в определенной местности является их адаптивность, и в частности зимостойкость. Исходя из этого, исследование по изучению различных компонентов зимостойкости сливы, в зависимости от видового происхождения культуры считается важным и обязательным при подборе сортимента для определенного региона, в котором планируется его возделывание. **Цель.** Изучение устойчивости сортотипов сливы к повреждающим факторам зимнего периода, в зависимости от их видового и географического происхождения, в естественных и контролируемых условиях. **Материалы и методы.** В изучении использовались различные методы. В полевых условиях оценивалась зимостойкость и морозостойкость различных сортов сливы в течение последних трех лет по общепринятым методикам. В лабораторных условиях проводились исследования по оценке различных компонентов зимостойкости (К1, К2, К3) при искусственном промораживании для определения максимальной устойчивости. **Объект.** Сорта и гибриды различных видов сливы, сосредоточенные в коллекционных насаждениях лаборатории селекции и технологии плодовых культур Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН), расположенной на территории Дубовского района Волгоградской области. **Результаты и выводы.** По данным трехлетних полевых наблюдений, а также данным, полученным в контролируемых условиях при искусственном промораживании при низких температурах (до -30 °С), выделены наиболее зимостойкие сортобразцы сливы домашней и сливы диплоидной. Анализ полученных данных не выявил существенных различий по зимостойкости среди изучаемых сортобразцов сливы как различного видового, так и географического происхождения. Отобранные сортобразцы обладают высокой устойчивостью к неблагоприятным зимним факторам, на уровне и выше контрольных образцов, и могут выращиваться и стабильно плодоносить в условиях Волгоградской области.

Ключевые слова: слива, зимостойкость сливы, морозостойкость сливы, сортобразцы сливы, генеративные почки сливы, искусственное промораживание сливы.

Цитирование. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 95-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-09.

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. В последнее время популярность различных сортов сливы, к которым относятся такие ее виды, как домашняя, китайская, русская и другие, в садах России неуклонно растет, что способствует необходимости закладки новых насаждений [2]. Лимитирующим фактором при выборе сорта является его адаптивность к условиям произрастания. Данный параметр определяет потенциал возделывания видового разнообразия сливы в тех или иных условиях, обусловленных погодными факторами региона выращивания, в особенности в зимний период [3, 6]. Таким образом, уровень зимостойкости и морозостойкости сортов сливы различного происхождения ограничивает ареал их возделывания. В настоящее время различают несколько компонентов, определяющих уровень зимостойкости плодовых культур [4, 11].

Зимние условия Волгоградской области характеризуются нестабильным температурным режимом, оттепелями, возвратными заморозками, что негативно сказывается на произрастании плодовых, и в особенности косточковых, культур и приводит к повреждению как вегетативных, так и генеративных органов [1]. Исходя из этого, изучение различных компонентов зимостойкости сливы является актуальным и обязательным при подборе сортового ассортимента для закладки садов в регионе планируемого возделывания [10, 13]. Изучение зимостойкости в естественных климатических условиях – процесс длительный и во многом зависящий от погодных условий, которые носят непостоянный характер. Метод искусственного промораживания позволяет ускоренно получить оценку по компонентам зимостойкости в условиях морозильной камеры с регулируемым моделируемым режимом. Этот метод позволяет значительно сократить время при оценке зимостойкости интродуцированных сортов из других регионов, моделируя в течение нескольких дней различные погодные условия, которые в естественный зимний период не всегда складываются и требуют изучения на протяжении нескольких лет.

Целью исследований является изучение устойчивости различных сортов сливы к повреждающим факторам зимнего периода, в зависимости от их происхождения, в естественных (полевых) и контролируемых (морозильная камера) условиях [7, 9].

Материалы и методы. Опыты по влиянию зимних условий на зимостойкость сливы проводились в полевых условиях в течение трех лет (2017 - 2019 гг.), и в условиях искусственного промораживания по 3 компонентам зимостойкости по методике Тюриной и Гоголевой в камере (КХТВ-022) ВолГАУ [9]:

– 1 компонент (К 1) – основанный на определении устойчивости к ранним ноябрьским морозам, достигался постепенным снижением температуры от 0 °С до -15 °С с интервалом 2 °С в час, с дальнейшим оттаиванием при температуре +5 °С в течение суток.

– 2 компонент (К 2) – высокий уровень морозостойкости при закалке в начале зимнего периода (постепенное снижение температуры от 0 °С до -27 °С с интервалом 2 °С в час, промораживание при температуре -27 °С, с дальнейшим оттаиванием при температуре +5 °С в течение суток).

– 3 компонент (К 3) – максимальный уровень морозостойкости при прохождении фазы закаливания и последующего повышения температуры (постепенное снижение температуры от 0 °С до -30 °С, промораживание в течение 6 часов при температуре -30 °С и постепенное повышение температуры от -30 °С до 0 °С с интервалом 2 °С в час, с последующим оттаиванием при температуре +5 °С в течение суток).

Исследования по изучению полевой зимостойкости проводили согласно общепринятым методикам [5, 7].

Оценку повреждений вегетативных и генеративных частей дерева после различных способов промораживания проводили по степени побурения продольных и поперечных срезов (0 баллов – повреждения отсутствуют, 5 – полная гибель почек и тканей).

Объектами исследований являлись сорта и гибриды различных видов сливы, сосредоточенных в коллекционных насаждениях лаборатории селекции и технологии плодовых культур Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН), расположенной на территории Дубовского района Волгоградской области. Для ускоренного изучения зимостойкости были отобраны сортообразцы различного географического происхождения сливы домашней – Юбилейная, №1738, Кубанский карлик, Ренклюд Альтана, Венгерка Корнеевская, № 2158, Волгоградская (контроль), Богатырская (контроль), Кубанская ранняя, Венгерка Кавказская, Синяя птица, Чачакская, Мечта, Баллада, Стенлей; сливы диплоидной – Кубанская комета (контроль), Сарматка, Колонновидная, Дынная, Глобус, Black splendor, Анжелина, Royal garner [8, 12].

Побеги и генеративные органы для промораживания заготавливались в конце декабря и помещались на хранение в холодильную камеру при температуре +2 °С. Погодные условия года исследований способствовали прохождению естественной закалки и характеризовались периодическими незначительными осадками и колебанием температуры от +8 до -8 °С [1].

Результаты и обсуждение. При оценке сортов на зимостойкость необходимо учитывать данные, полученные при наблюдениях как в полевых (естественных), так и в искусственно моделируемых условиях.

В лаборатории селекции и технологии плодовых культур ФНЦ агроэкологии РАН на протяжении последних лет проводится изучение зимостойкости сортов и сортообразцов косточковых культур различного происхождения, в том числе сливы, в полевых условиях.

Погодные условия зимнего периода за годы наблюдений (2017-2019) имели существенные различия, температура варьировала от - 0,6 до -20 °С. Сопровождающаяся туманами и осадками в виде дождя оттепель января 2017 года, в начале февраля отмечена сильными морозами от -18 днем до -27 °С в ночное время. В январе 2018 года наблюдалось понижение температуры от -5 °С до -15 °С. Непродолжительная февральская оттепель, имевшая место в первой декаде, практически не повлияла на перезимовку плодовых культур. В декабре 2018 г. вплоть до середины третьей декады отмечались малозначительные морозы с нередкими осадками в виде дождя и снега. Во второй половине третьей декады наблюдалась непродолжительная оттепель с последующим понижением температуры до -10-14 °С днем и до -15-17 °С в ночное время. Январь 2019 года также отличался слабо и умеренно морозной погодой, среднемесячная температура воздуха составила -5,6 °С. В феврале среднемесячная температура воздуха поднялась до -4,2 °С. Ежедекадно наблюдались непродолжительные оттепели. С наступлением марта температурный режим воздуха чередовался сменой положительных и отрицательных среднесуточных температур.

Наблюдения за сортами сливы в полевых условиях показали, что большинство сортообразцов, независимо от их происхождения, не имели признаков подмерзания вегетативных органов. Лишь на некоторых сортах наблюдались незначительные повреждения вегетативных частей дерева (таблица 1).

Цветковые почки за последние три года наблюдений по всем сортообразцам повреждений практически не имели. На основе данных, полученных в результате полевых наблюдений, к сортам, обладающим высокой зимостойкостью (подмерзание по всем параметрам менее 1 балла), можно условно отнести следующие – №1738, Юбилейная, Ренклюд Альтана, Кубанский карлик, Венгерка Корнеевская, №2158, Богатырская, Кубанская ранняя, Венгерка Кавказская, Синяя птица, Мечта, Баллада, Кубанская комета, Анжелина, Сарматка, Глобус.

Таблица 1 – Изучение зимостойкости сортов сливы различного происхождения в полевых условиях, ФНЦ агроэкологии РАН, 2017-2019 гг.

Table 1 – The study of winter hardiness of plum varieties of various origin in the field, Federal Scientific Center of Agroecology RAS, 2017-2019.

Сорт / Variety	Степень повреждения, баллы / The degree of damage, points			Общее состоя- ние дерева за 5 лет / General condi- tion of the tree for 5 years
	Однолетние по- беги / Annual shoots	Многолетние ветви / Perennial branches	Цветковые почки / Flower buds	
	Среднее / Mean 2017-2019	Среднее / Mean 2017-2019	Среднее / Mean 2017-2019	
Слива домашняя / Damsons				
№ 1738	0,2	0,1	0,6	4,8
Юбилейная / Ybileynay	0,1	0,1	0,3	5
Ренклюд Альтана / Renklod Altana	0,4	0,4	0,8	4,8
Кубанский карлик / Kuban dwarf	0,3	0,2	0,4	5
Венгерка корнеевская / Hungarian korneevskaya	0,3	0,2	0,3	5
№2158	0,1	0,1	0,3	5
Волгоградская (к.) / Volgogradskay	1,0	0,3	0,2	4,6
Богатырская (к.) / Во- gatyrskaya	0,1	0,1	0,4	4,6
Кубанская ранняя / Kuban early	0,4	0,4	0,6	5
Венгерка Кавказская / Hungarian Caucasian	0,3	0,3	0,4	5
Синяя птица / Blue bird	0,2	0,2	0,5	5
Чачакская / Chachak	1,5	1,4	1,8	4,8
Мечта / Mechta	0,3	0,4	0,6	5
Баллада / Ballad	0,2	0,3	0,5	5
Стенлей / Stanley	1,1	1,2	0,4	4,6
Слива диплоидная / Plum diploid				
Кубанская комета (к.) / Kuban comet	0,1	0,1	0,2	5
Black / splendor	1,6	1,1	1,1	4,8
Анжелина / Angelina	0,8	0,7	0,6	4,6
Royal / garner	1,6	1,0	0,8	4,6
Сарматка / Sarmatka	0,3	0,3	0,5	5
Колонновидная / Co- lumnar	1,1	1,0	0,9	5
Дынная / Dynnaya	1,0	0,7	0,5	4,8
Глобус / Globe	0,5	0,5	0,5	5

К среднезимостойким сортам (подмерзание 1-3 балла) условно относятся сорта: Стенлей, Чачакская, Волгоградская, Колонновидная, Дынная, Royal garner, Black splendor.

Вместе с этим, погодные условия зимнего периода, складывающиеся за последние три года, не позволяют в полной мере оценить потенциал зимостойкости изучаемых сортов. Вследствие этого, для более беспристрастной оценки зимостойкости, был применен метод искусственного промораживания растительного материала сортов сливы различного происхождения. Данный метод также позволяет значительно ускорить процесс отбора зимостойких образцов.

Анализ результатов промораживания в условиях первого компонента зимостойкости показал, что при моделировании температурного режима -15°C все изучаемые сортообразцы не имели каких-либо повреждений (таблица 2).

Аналогичный результат сохранялся и при промораживании в условиях второго компонента зимостойкости. Согласно полученным данным, в период глубокого покоя, при снижении температуры от 0°C до -27°C , полностью сохранились цветковые почки по всем сортам сливы, независимо от их генетического и географического происхождения (таблица 2).

Однако при таком режиме наблюдалось незначительное повреждение древесины у сорта сливы домашней – Ренклода Альтана (таблица 2).

Данные исследования подтвердили высокую зимостойкость большинства сортообразцов сливы различного происхождения, которые прошли закалку и находились в состоянии глубокого покоя. После моделирования морозных условий по третьему компоненту зимостойкости, с постепенным снижением температуры до -30°C и обратным повышением до 0°C , также большинство изучаемых сортообразцов сливы домашней: №1738, Юбилейная, №2158, Волгоградская, Богатырская, Венгерка Кавказская, Синяя птица, Чачакская, Мечта, Баллада, Стенлей; и сливы диплоидной: Кубанская комета, Black splendor, Анжелина, Сарматка, Колонновидная, Глобус – показали высокую морозостойкость, при полном отсутствии повреждений вегетативных и генеративных органов (таблица 2).

Вместе с тем на некоторых сортах домашней сливы: Кубанский карлик, Венгерка Корнеевская – наблюдались незначительные, 1-2 балла, повреждения морозом цветковых почек, в то время как на других сортах, таких как Royal garner, происхождение слива китайская, и Ренклод Альтана, происхождение слива домашняя, наблюдались незначительные, 1-2 балла, повреждения вегетативных частей древесины. Незначительные повреждения всех частей дерева, как вегетативных, так и генеративных, были отмечены только у двух сортов - сливы домашней Кубанская ранняя, и сливы гибридного происхождения с участием китайской сливы Дынная.

Анализируя данные, полученные как в полевых условиях, так и при искусственном промораживании, можно все изучаемые сортообразцы условно разделить на следующие группы:

1. Сорта с зимостойкими вегетативными и генеративными органами: №1738, Юбилейная, №2158, Венгерка Корнеевская, Богатырская, Венгерка Кавказская, Синяя птица, Чачакская, Мечта, Баллада, Стенлей, Кубанская комета, Анжелина, Сарматка, Глобус.

2. Сорта со среднезимостойкими вегетативными и генеративными органами (подмерзание различных частей дерева от 1 до 3 баллов): Волгоградская, Кубанский карлик, Royal garner, Ренклод Альтана, Кубанская ранняя, Колонновидная, Black splendor, Дынная.

Таблица 2 – Подмерзание вегетативных и генеративных частей сливы после искусственного промораживания по различным компонентам зимостойкости, баллы

Table 2 – Freezing of the vegetative and generative parts of the plum after artificial freezing on various components of winter hardiness, points

Сорт / Variety	Степень повреждения, баллы / The degree of damage, points					
	Цветковых почек / Flower buds			Вегетативных побегов / Vegetative shoots		
	К 1	К 2	К 3	К 1	К 2	К 3
Слива домашняя / Damsons						
№1738	0	0,5	0,7	0	0	0
Юбилейная / Ybileynay	0	0,3	0,4	0	0	0
Ренклюд Альтана / Renklod Altana	0	0,8	0,8	0	1,1	1,3
Кубанский карлик / Kuban dwarf	0	0,9	2,1	0	0	0
Венгерка корнеевская / Hungarian korneevskaya	0	0,7	1,2	0	0,2	0,4
№2158	0	0,3	0,4	0	0	0
Волгоградская (к.) / Volgogradskay	0	0,3	0,4	0	0	0
Богатырская (к.) / Bogatyrskaya	0	0,1	0,2	0	0	0
Кубанская ранняя / Kuban early	0	0,7	1,3	0	0,5	1,1
Венгерка Кавказская / Hungarian Caucasian	0	0,4	0,5	0	0	0
Синяя птица / Blue bird	0	0,4	0,6	0	0	0
Чачакская / Chachak	0	0,6	0,8	0	0	0
Мечта / Mechta	0	0,4	0,6	0	0	0
Баллада / Ballad	0	0,4	0,6	0	0	0
Стенлей / Stanley	0	0,4	0,5	0	0	0
Слива диплоидная Plum diploid						
Кубанская комета (к.) / Kuban comet	0	0	0	0	0	0
Black / splendor	0	0,1	0,3	0	0,4	0,4
Анжелина / Angelina	0	0,2	0,4	0	0,4	0,5
Royal garner	0	0,5	0,7	0	0,8	1,2
Сарматка / Sarmatka	0	0,1	0,2	0	0	0
Колонновидная / Columnar	0	0,5	0,6	0	0,4	0,5
Дынная / Dynnaya	0	0,7	1,1	0	0,7	1,3
Глобус / Globe	0	0	0,2	0	0	0,5

Выводы. При использовании различных методик исследования зимостойкости сортотипов сливы обнаружены особенности их адаптивности к повреждающим условиям зимнего периода (по 3 компонентам зимостойкости в критериях контролируемого режима) в зависимости от их генотипа. Из представленных компонентов, составляющих зимостойкость (морозостойкость), в большей степени лимитирует возделывание сливы разного происхождения в ареале Нижнего Поволжья, и в частности, в Волгоградской области, – второй компонент. Значимых различий по степени зимостойкости сливы (по всем компонентам зимостойкости) между сортотипами различного видового происхождения не обнаружено. Отобраны зимостойкие по всем компонентам зимостойкости сортотипы сливы как адаптированные для производственного возделывания в Нижнем Поволжье, и непосредственно в Волгоградском регионе: из группы сливы домашней – № 1738, Юбилейная, № 2158, Венгерка Корнеевская, Богатырская, Венгерка Кавказская, Синяя птица, Чачакская, Мечта, Баллада, Стенлей; из группы сливы диплоидной – Кубанская комета, Анжелина, Сарматка, Глобус.

Библиографический список

1. Архив погоды в Волгограде [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pogodaiklimat.ru.html>.
2. Бгашев В. А., Солонкин А. В. Уровень адаптивности сливы сорта Стенли и клоновых подвоев в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 46-49.
3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1990.
4. Ожерельева З. Е., Гуляева А. А. Изучение морозостойкости косточковых культур в контролируемых условиях // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 31. С. 926-930. URL: <http://e-koncept.ru/2017/970200.htm>.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, ВНИИСПК, 1999.
6. Резвякова С. В. Зимостойкость садовых культур различного эколого-географического происхождения (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (14). С. 12-19.
7. Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда: монография. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2017. 282 с.
8. Солонкин А. В., Еремин Г. В. Использование местных и новых сортов Нижнего Поволжья в селекции адаптивных сортов сливы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 134. С. 368-378.
9. Тюрина М. М., Гоголева Г. А. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных культур. М.: ВАСХНИЛ, 1978. 48 с.
10. Федотова И. Э., Острикова О. В., Колесникова А. Ф. Изучение компонентов зимостойкости сортов сливы в зависимости от видового происхождения в условиях контролируемого режима // Ученые записки орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2015. № 4. С. 261-265.
11. Batuyeva Yu. M., Bakhanova M. V., Rachenko M. A. Response of Some Malus Mill. Species Representatives to Extreme Low temperatures in Baikal Siberia // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2016. Vol. 12, № 2. P. 27-31.
12. Eremin G. V., Podorozhnyi N. V., Eremina O. V. Use of genetic diversity of the genus prunus l. In selection of clonal rootstocks for stone fruit crops and features of their reproduction // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2017. V. 71. № 3. P. 173-177.
13. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Bogomolova N. Frost hardiness of introduced sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) genotypes in central Russia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2016. Vol. 70. No 2. Pp. 88-95.

Conclusions. Using various methods of studying the winter hardiness of plum varieties, the peculiarities of their adaptability to the damaging conditions of the winter period (according to the 3 winter hardiness components in the criteria of the controlled regime) were found depending on their genotype. Of the presented components that make up winter hardiness (frost hardiness), plum cultivation of various origin in the Lower Volga area, and in particular in the Volgograd Region, is largely limited by the second component. Significant differences in the degree of winter hardiness of plums (in all components of winter hardiness) between varieties of different species origin were not found. We selected plum varieties winter-hardy for all winter-hardiness components, as adapted, for production cultivation in the Lower Volga region, and directly in the Volgograd region: from the group of home plums - No. 1738, Yubileynaya, No. 2158, Vengerka Korneevskaya, Bogatyrskaya, Hungarian Caucasian, Blue Bird, Chachakskaya, Dream, Ballad, Stanley; from diploid plum group - Kuban comet, Angelina, Sarmatka, Globus.

Reference

1. Weather archive in Volgograd [Electronic resource]. Access Mode: <http://pogodaiklimat.ru.html>.

2. Bgashev V. A., Solonkin A. V. The adaptability level of the Stanley plum variety and clonal stocks in the Volgograd region // Bulletin of the Lower Volga Agricultural University: Science and Higher Professional Education. 2013. No. 4 (32). P. 46-49.
3. Zhuchenko A. A. Adaptive crop production (ecological and genetic basis). Chisinau: Stinice, 1990.
4. Ozherelyeva Z. E., Gulyaeva A. A. Study of frost resistance of stone fruit crops under controlled conditions // Scientific and methodical electronic journal "Concept". 2017. V. 31. P. 926-930. URL: <http://e-koncept.ru/2017/970200.htm>.
5. The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops. Oryol, VNIISPK, 1999.
6. Rezvyakova S. V. Winter hardiness of garden crops of various ecological and geographical origin (review) // Biology in Agriculture. 2017. No.1 (14). P. 12-19.
7. Modern methodology, tools for assessing and selecting breeding material for garden crops and grapes: a monograph. Krasnodar: FGBNU SKFNTSSVV, 2017. 228 p.
8. Solonkin A. V., Eremin G. V. The use of local and new varieties of the Lower Volga region in the selection of adaptive plum varieties // Political Mathematical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2017. No.134. P. 368-378.
9. Tyurina M. M., Gogolev G. A. The accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry crops. M.: VASKHNIL, 1978. 48 p.
10. Fedotova I. E., Ostrikova O. V., Kolesnikova A. F. Study of winter hardiness components of plum varieties depending on species origin under controlled conditions // Scientific notes of Oryol State University. Series: natural, technical, and medical sciences. 2015. No. 4. P. 261-265.
11. Batuyeva Yu. M., Bakhanova M. V., Rachenko M. A. Response of Some Malus Mill. Species Representatives to Extreme Low temperatures in Baikal Siberia // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2016. Vol. 12, № 2. P. 27-31.
12. Eremin G. V., Podorozhnyi N. V., Eremina O. V. Use of genetic diversity of the genus prunus l. In selection of clonal rootstocks for stone fruit crops and features of their reproduction // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2017. V. 71. № 3. P. 173-177.
13. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Bogomolova N. Frost hardiness of introduced sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) genotypes in central Russia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2016. Vol. 70. No 2. Pp. 88-95.

Authors Information

Solonkin Andrey Valerievich, Head of the Breeding Center of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Forestation of the Russian Academy of Sciences, (97, Universitetsky pr., Volgograd, Russian Federation, 400062), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, nwniish@mail.ru, 8-996-356-61-15

Nikolskaya Olga Alekseevna, Senior Researcher at the Laboratory for Breeding, Seed Breeding and Nursery Farming of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (97, Universitetsky Ave., Volgograd, Russian Federation, 400062), Postgraduate Student, Volgograd State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-1337-7101, nwniish@mail.ru

Kikteva Elena Nikolaevna, Researcher at the Laboratory for Breeding, Seed Breeding and Nursery Farming of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (97, Universitetsky Ave., Volgograd, Russian Federation, 400062), Postgraduate Student, Volgograd State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-3095-2884, nwniish@mail.ru

Информация об авторах

Солонкин Андрей Валерьевич, руководитель селекционного центра Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, nwniish@mail.ru, 8-996-356-61-15

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. Университетский, 97), аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
ORCID: 0000-0002-1337-7101, nwniish@mail.ru

Киктева Елена Николаевна, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
ORCID: 0000-0002-3095-2884, nwniish@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-10

IMPACT ASSESSMENT OF GROWTH REGULATORS ON TOMATO YIELD STRUCTURE IN DRIP IRRIGATION

A. F. Tumanyan^{1,2}, Keegoui Gertrude¹, N. A. Zaytseva², S. V. Zaytsev²

¹*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

²*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Russia*

Received 27.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

This article presents the results of the study of the influence of the foliar application of Agricol, Aminovit, Aminofol NPK, Speedfol Kalmag on tomatoes, in drip irrigation on soil and climate conditions of Lower Volga region. As a result, it was found that the use of different substances on hybrids and tomato varieties affected their productivity, structure and crops quality. In the experiment, the maximum yield increase was observed in Heinz 3402 F1 hybrid on the variant after leaf spraying three time with Aminovit - 50.4 t/ha, with a yield of 126.5 t/ha. Based on the results, it can be recommended that; using Aminovit and Aminofol NPK as leaf feed will increase tomato yield and fruits quality of Cobra 26 F1 and Heinz 3402 F1 hybrids by 30-60% and marketability by 3-6%.

Abstract

Introduction. Tomato is a widespread vegetable crop in the world, and cultivated in almost all countries. He rank third in the world, after potatoes and onions, due to high yield and fast enough harvest. Cultivation of vegetable crops in areas of low moisture is involved in optimizing irrigation and plant nutrition. Therefore, the research of new types of fertilizers and methods of their application becomes relevant. Extra-root nutrition of vegetable plants can complement the application of fertilizers in the soil, and can also contribute to one of the most pressing problems in regulating the growth and development of plants with the help of physiologically active substances which increase resistance to stress and increase yields and quality of products. **Object.** The objects of research are tomato varieties and hybrids of different origins. **Materials and methods.** Researches were carried out on an experimental irrigated area of the Precaspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, located in the north of the Astrakhan region. Planting of seed plot and related observations were carried out in accordance with generally accepted methods of B.A. Dosbekhov and A.F. Belik's experimental case. **Results and conclusions.** As a result of the study, it was found that the use of different substances on hybrids and tomato varieties influence their productivity, structure and yield quality. All studied hybrids on all variants of experiment had an increment in the number of fruits relative to control from 1.6 to 29.4 pcs. The greatest increase in quantity of fruits per plant - 29, 4 pcs. was observed in Heinz 3402 F1 hybrid on the variant with application of Aminovit. Leaf treatments had a positive influence on the fruit mass of the studied hybrids. The biggest mass of fruits was observed in Cobra 26 F1 and Heinz 3402 F1 hybrids in the Aminovite variant with leaf treatments - 5432.6 and 5296.6 g, respectively. Hybrid Sistrenka F1 had more productivity on the variant with Speedfol calmag - 4436, 2 g per plant. the maximum yield increase was observed in Heinz 3402 F1 hybrid on the

variant after leaf spraying three time with Aminovit - 50.4 t/ha, with a yield of 126.5 t/ha. Based on the results, it can be recommended that; using Aminovit and Aminofol NPK as leaf feed will increase tomato yield and fruits quality of Cobra 26 F1 and Heinz 3402 F1 hybrids by 30-60% and marketability by 3-6%.

Key words: *tomato, drip irrigation, Agricola, Aminovite, Aminofol NPK, SpeedFol Amino, crop structure.*

Citation. Tumanyan A. F., Keegoui Gertrude, Zaytseva N. A., Zaytsev S. V. Assessment of the influence of growth regulators on tomato yield structure in drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 104-114 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-10.

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

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

УДК 635.64-18:631.674.6

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ТОМАТОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

А. Ф. Туманян^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Кигоуи Гертруда¹, аспирант РУДН

Н. А. Зайцева², кандидат сельскохозяйственных наук

С. В. Зайцев², младший научный сотрудник

¹Российский университет дружбы народов г. Москва, Россия

²Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 27.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Томаты – широко распространённая в мире овощная культура, которая возделывается практически во всех странах мира. Им принадлежит третье место в мире, после картофеля и лука, что связано с высокой доходностью и достаточно быстрым получением урожая. Возделывание овощных культур в зонах недостаточного увлажнения сопряжено с оптимизацией орошения и питания растений. Поэтому актуальными становятся поиски новых видов удобрений и способов их внесения. Внекорневое питание овощных растений может дополнить внесение удобрений в почву, а также может способствовать решению одной из самых актуальных задач по регулированию роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ, которые повышают устойчивость к стрессам и увеличивают урожайность и качество получаемой продукции. **Объект.** Объектом исследований являются сорт и гибриды томатов различного происхождения. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном орошаемом участке Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН, расположенного на севере Астраханской области. Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно общепринятым методикам опытного дела Б.А. Доспехова и А.Ф. Белика. **Результаты и выводы.** В результате изучения было установлено, что применение различных препаратов на гибридах и сорте томата влияет на их продуктивность, структуру и качество урожая. Все изучаемые гибриды на всех вариантах опыта имели прибавку в количестве плодов относительно контроля от 1,6 до 29,4 шт. Наибольшая прибавка количества плодов на одном растении – 29,4 шт. отмечена у гибрида Heinz 3402 F₁ на варианте с применением Аминолит. Листовые обработки положительно влияли на массу плодов изучаемых гибридов. Наибольшая масса плодов при этом отмечалась у гибридов Cobra 26 F₁ и Heinz 3402 F₁ на варианте с листовыми обработками Аминолит – 5432,6 и 5296,6 г, соответственно. У гибрида Сестренка F₁ более продуктивным был вариант Спидфол калмаг – 4436,2 г с куста. Максимальная прибавка урожая в опыте отмечалась у гибрида Heinz 3402 F₁ на варианте с листовым трехкратным опрыскиванием препаратом Аминолит – 50,4 т/га, при урожайности – 126,5 т/га. По результатам можно рекомендовать для повышения урожайности и качества плодов томатов гибриды Cobra 26 F₁ и Heinz 3402 F₁, а также использовать в качестве листовых подкормок препараты Аминолит и Аминофол NPK, что повысит урожайность на 30-60 % и товарность – на 3-6 %.

Ключевые слова: гибриды томатов, капельное орошение томатов, Агрикола, Аминолит, Аминофол НРК, Спидфол аминокалмаг, урожайность томатов, структура урожая томатов.

Цитирование. Туманян А. Ф., Кигуи Гертруда, Зайцева Н. А., Зайцев С. В., Оценка влияния регуляторов роста на структуру урожая томатов при капельном орошении. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 104-114. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-10.

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. Томат является одним из наиболее широко культивируемых овощных культур в мире и является важнейшим источником витаминов [10].

Урожай томатов получают относительно быстро, а доходность у него высокая, что является экономически привлекательным, поэтому площади, занятые под этой культурой, ежегодно увеличиваются [10].

При возделывании овощных культур в зоне недостаточного увлажнения важное значение имеет оптимизация сочетания орошения и питания растений. В настоящее время более эффективным способом полива является капельное орошение, дающее возможность вносить водорастворимые удобрения вместе с поливной водой. Процесс фертигации способствует снижению производственных издержек и обеспечивает максимально продуктивное использование удобрений, но требует постоянного поиска новых, наиболее эффективных минеральных удобрений, которые смогут обеспечить повышение урожайности и рентабельности [3, 4].

Внекорневое питание овощных растений может эффективно дополнить внесение удобрений в почву. Установлено, что внесение элементов питания через листья находится на том же уровне и даже более эффективно по сравнению с внесением их в почву. Есть мнение, что внекорневое питание может успешно применяться для восполнения недостатка различных элементов в растениях [10].

Томаты выращиваются практически во всех странах мира как в открытом грунте, так и в теплицах [8]. Томаты занимают в мире третье место после картофеля и лука. Площади, занятые под томатами занимают свыше 4,73 млн га и ежегодно дают порядка 163,96 млн тонн [7]. Ведущими странами-производителями томатов в мире, по данным ФАО, являются Китай (59,6 млн т), Индия (20,7), Турция (12,8), США (10,9), Египет (7,3), Иран (6,2), Италия (6,0), Испания (5,2) и Бразилия (4,2). Россия находится на 12 месте по производству томатов – 3,2 млн т, а Камерун – на 19 месте с производством чуть более 1,3 млн т в год [10].

В томатах содержится много антиоксидантов и активных соединений, таких как витамин С, каротиноиды, поэтому они имеют высокую пищевую ценность [9].

В современных условиях одной из самых актуальных задач является регулирование роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ. Регуляторы роста получили широкое применение на различных сельскохозяйственных культурах и стали одним из важных факторов эффективных технологий возделывания. Биологически активные соединения способствуют регулированию важнейших функций жизнедеятельности растительного организма и способствуют повышению устойчивости к высоким и низким температурам, засухам, засолениям почв, болезням и др., увеличивают урожайность и повышают качество сельскохозяйственной продукции [6].

Целью проводимых исследований являлось изучение влияния различных агрохимикатов на продуктивность томата при капельном способе полива в условиях засушливого климата Астраханской области.

Материалы и методы. Объектами изучения стали 3 гибрида и один сорт томатов овальной или сливовидной формы: Сестренка F₁, Heinz 3402 F₁, Cobra 26 F₁, Rio Grande. Гибрид томата Сестренка F₁ выбран за стандарт.

На томатах 3 раза за вегетацию проводили некорневые обработки препаратами нормами рекомендованными производителями:

Агрикола – минеральное удобрение включающее азот, фосфор и калий (13 % : 20 % : 20 %), а также железо, бор, цинк, марганец. Опрыскивание с расходом – 5 кг/га.

Аминовит – минеральное удобрение в жидкой форме, содержащее комплекс аминокислот, позволяющих более эффективно переносить неблагоприятные погодные условия и болезни. Расход препарата – 0,5-1,5 л/га,

Аминофол NPK – антистрессовый агрохимикат с макроэлементами NPK и аминокислотами. Способствует усилению роста и развития корневой системы, повышению усвоения питательных веществ, повышению устойчивости к стрессовым ситуациям, активизации эндогенной системы защиты растений. Расход препарата – 1,0 - 3,0 л/га.

Снидфол калмаг (SpeedFol Amino Calmag SL) – удобрение в жидкой форме с комплексом аминокислот растительного происхождения, а также кальцием и магнием. Имеет выраженное антистрессовое действие, способствующее нормализации обмена веществ растений после воздействия стрессовых факторов. Расход препарата – 5-7 л/га.

Опыт проводили в течение 2018-2019 годов на опытных полях Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН, расположенного в засушливых условиях южной России, Астраханской области. Научно-исследовательский центр расположен в 42°58' N, 47°28' E и высота над уровнем моря 130 м.

Закладка опытных участков проводилась согласно методике опытного дела (Б. А. Доспехов, 1985) и методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве (А. Ф. Белик, 1992).

Опыт двухфакторный, рассаду высаживали в шахматном порядке через 30 см, расстояние между капельными лентами 1,4 м в трехкратной повторности, площадь опытной делянки под каждой обработкой 30 м², под каждым сортом было занято 150 м², площадь учетной делянки – 10 м². Общая площадь опыта составила 600 м². Полив осуществлялся через систему капельного орошения.

Уборку урожая проводили в несколько этапов по мере созревания плодов. Учет осуществляли весовым методом с учетных делянок по вариантам опыта.

Обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Почвы опытного участка светло-каштановые, солонцеватые, без наличия пятен солонцов. По гранулометрическому составу – суглинистая, комковато-зернистая, с содержанием физической глины в горизонте 26,4 %. Содержание: гумуса – 1,1 %, pH 6,7-7,2, NO₃ – 0,47, P₂O₅ – 2,29 и K₂O – 25,03 мг/100 г почвы.

Климат района исследований резко континентальный со среднегодовой амплитудой температур воздуха 75-86 °С, острозасушливый, изменчивый. Продолжительность солнечного сияния на территории изучения составляет 2200-2400 часов за год, а количество суммарной солнечной радиации – 113 ккал/см². Среднегодовая температура воздуха составляет свыше +7,0 °С. Период с температурами воздуха выше 0 °С может длиться 235-260 суток. Сумма активных температур воздуха (выше +10 °С) составляет 3370-3500 °С в год.

Годы проведения исследований были различными по количеству осадков и температуре воздуха в период вегетации томатов (таблица 1).

Таблица 1 – Обобщенные среднемесячные данные о погоде, собранные в течение экспериментального периода

Месяц / Month	Количество осадков, мм / Rainfall, mm		Температура воздуха, °C / Air temperature, °C				Относительная влаж- ность воздуха, % / Relative humidity, %	
			максимальная / max		минимальная / min			
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Апрель / April	14,4	18,8	27,6	27,8	-1,3	-7,1	61	60
Май / May	0	8,5	34,3	34,8	2,2	4,6	37	57
Июнь / June	11,9	4,9	39,6	39,5	0,9	11,9	34	32
Июль / July	40,3	58,0	40,4	35,5	18,2	11,8	52	53
Август / August	4,4	7,0	35,4	38,4	11,0	8,6	41	44
Сентябрь / September	36,4	37,4	33,3	28,3	5,5	0,2	51	52

Источник: метеостанция с. Черный яр (2018-2019 гг.)

Результаты и обсуждение. Для получения стандартной рассады необходима определенная продолжительность рассадного периода. Об оптимальном возрасте рассады в литературе нет единого мнения. Так, по мнению Г. И. Тараканова (1962), горшечную рассаду томата нужно высаживать до 40-45 дневного возраста. А. М. Алпатьев (1981) считает, что для получения раннего урожая нужно высаживать рассаду в 70-90 суточном возрасте. По данным В. Н. Балабанова (1969), оптимальным возрастом для рассады раннеспелых сортов является 45-55 суток, а для среднеспелых – 55-56 суток. В опытах Г. А. Филатова (2007) в обогреваемых теплицах установлено, что для формирования рассады 16 до 21 см длиной необходимо 50-60 суток.

В нашем опыте мы использовали для выращивания рассады парник. Посев семян проводили в первой декаде апреля, высадку рассады проводили во второй декаде мая в возрасте рассады 35-40 суток, при этом высота рассады достигала 15-17 см.

Урожайность – главный критерий сорта и гибрида, служащий основным показателем экономической целесообразности выращивания.

Продуктивность зависит и от условий среды, таких как свет, температура, влажность грунта и воздуха, которые оказывают влияние на интенсивность роста и развитие, а следовательно, и на урожайность томата. В различных условиях внешней среды возможности одного и того же сорта и гибрида реализуются по-разному.

Сбор томатов в опыте проводили несколько раз (2-3 раза) по мере наступления спелости плодов.

Более ранним в опыте был гибрид Cobra 26 F₁, сбор томатов у данного гибрида начинали на 4-12 дней раньше остальных.

По данным ряда ученых урожайность томата находится в высокой положительно фенотипической и генотипической зависимости от количества плодов на растении и их массы [1, 2, 5].

Все изучаемые сорта на всех вариантах опыта, кроме сорта Rio Grande и варианта с применением Аминовита у гибрида Сестренка F₁, имели прибавку в количестве плодов относительно контроля (рисунок 1). У гибрида Сестренка F₁ обработки различными агрохимикатами оказывали незначительное влияние на количество плодов с одного растения, увеличивая этот показатель всего в среднем на 1,6-1,7 шт. на вариантах Аминофол NPK и Спидфол калмаг. На гибриде Cobra 26 F₁ листовые обработки положительно влияли на количество плодов, но максимальная прибавка – 17,7 штук по отношению к контролю – отмечалась на варианте с применением Агрикола.

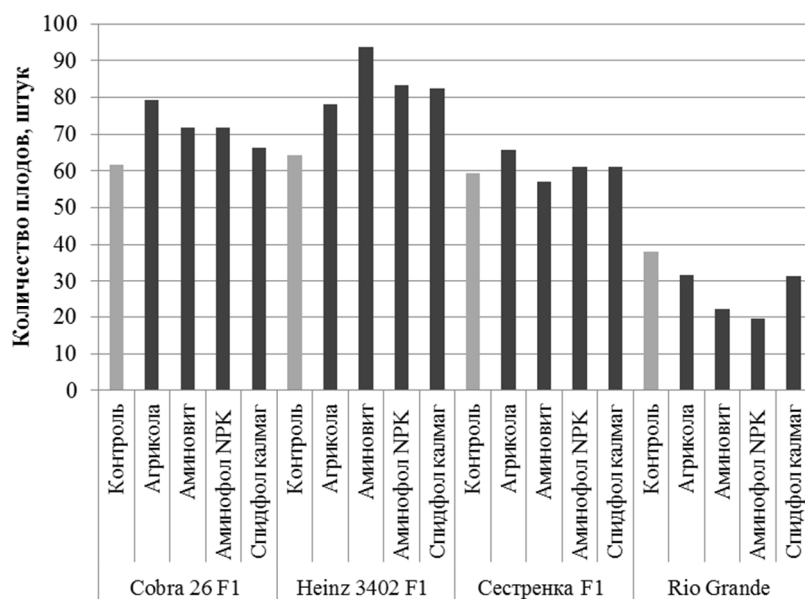


Рисунок 1 – Количество плодов на одном растении томата, среднее за 2018-2019 гг.

Figure 1 - The number of fruits on one tomato plant, average for 2018-2019

Наиболее отзывчивым на листовые обработки различными агрохимикатами показал себя гибрид Heinz 3402 F₁. Количество плодов на данном гибриде увеличивалось относительно контроля от 13,9 штук на варианте с Агрикола до 29,4 на варианте с Аминовит.

Сорт Rio Grande был менее восприимчив к листовым обработкам, которые отрицательно повлияли на количество плодов с одного растения, уменьшая их относительно контроля на 6,4-18,9 штук.

Значительное влияние листовых обработок отмечалось по массе плодов с одного растения и средней массе одного плода (рисунки 2 и 3).

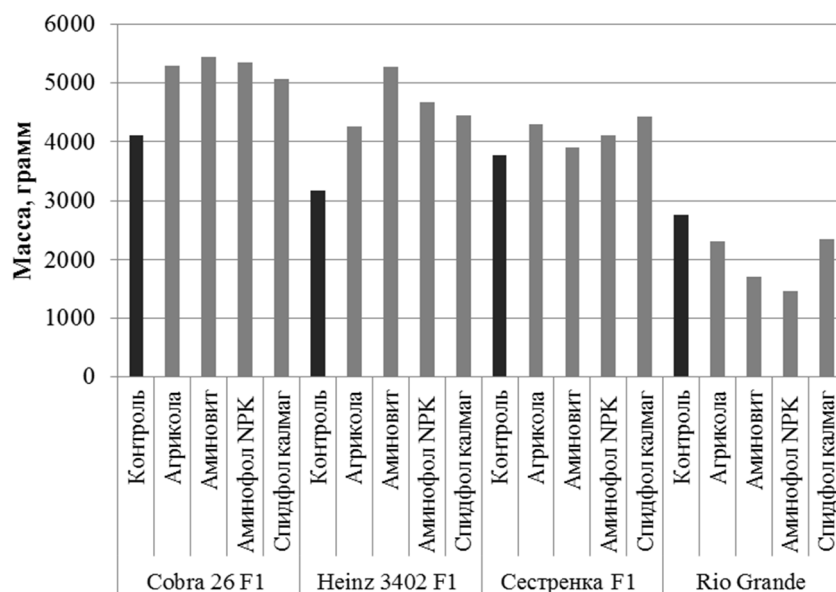


Рисунок 2 – Масса плодов с одного растения томата, среднее за 2018-2019 гг.

Figure 2 - The mass of fruits from one tomato plant, the average for 2018-2019

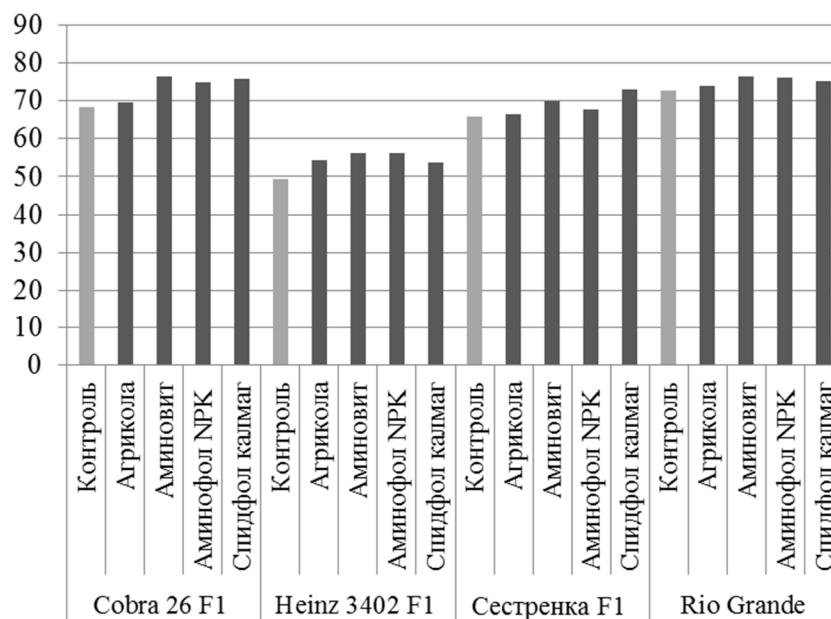


Рисунок 3 – Средняя масса одного плода томата, среднее за 2018-2019 гг.

Figure 3 - The average weight of one tomato fruit, the average for 2018-2019

Так, масса плодов с одного растения у гибрида Сестренка F₁ увеличивалась на варианте с Аминовит на 121,5 г, Аминофол NPK – 340,7 г, Агрикола – 523,5 г, Спидфол калмаг – 655,6 г. и составляла 3902,1, 4121,3, 4304,1 и 4436,2 г с куста, соответственно. Средняя масса одного плода возрастала на всех вариантах, но значительными были прибавки на обработках Спидфол калмаг – 7,3 г и Аминовит – 4,1 г.

У гибрида Cobra 26 F₁ масса плодов с одного растения и средняя масса одного плода на всех вариантах возрастали, но максимальные прибавки по массе (+1326,8 г. к контролю) отмечались на варианте с применением Аминовит. Средняя масса одного плода при этом была наибольшей на вариантах Аминовит – 76,6 г, что на 8,3 г. выше контроля и SpeedFol Amino Calmag SL – 75,9 г, что выше контроля на 7,7 г.

По массе плодов с одного растения у гибрид Heinz 3402 F₁ выделялся вариант с Аминовит – 5296,6 г, что выше контроля на 2096,4 г. На остальных вариантах прибавка по массе с одного растения составила от 1093,2 г на варианте Агрикола до 1496,3 г на варианте Аминофол NPK. Средняя масса плодов варьировала 49,4 г на контроле до 56,3 г на Аминовит. Наибольшая прибавка средней массы одного плода была на вариантах Аминовит и Аминофол NPK – 6,8-6,9 г.

У сорта Rio Grande масса плодов с одного растения, напротив, уменьшалась на 402,5-1296,8 г, но отмечено, что средняя масса одного плода при этом незначительно увеличивалась на 3,35-3,65 г, до 76,1-76,5 г относительно контроля.

Урожайность томатов в опыте варьировала по годам и вариантам опыта и зависела от гибрида/сорта и от сложившихся погодных условий года.

2018 год складывался для растений томата более благоприятно, чем 2019, так как холодный и дождливый июль отразился на вызреваемости плодов томатов, а раннее наступление заморозков в третьей декаде сентября не позволило провести третий сбор на ряде вариантов.

Сорт Rio Grande во все годы изучения имел невысокую урожайность на уровне 48,0-65,6 т/га в 2018 г., но в 2019 урожайность у него была низкая, так как из-за погодных условий не было возможности провести все сборы. Все обработки повлияли на

урожайность сорта отрицательно, прибавок урожая отмечено не было (рисунок 4). Влияние обработок было отмечено только на товарном качестве плодов, которое увеличилось до 78-82 % относительно контроля – 76 %.

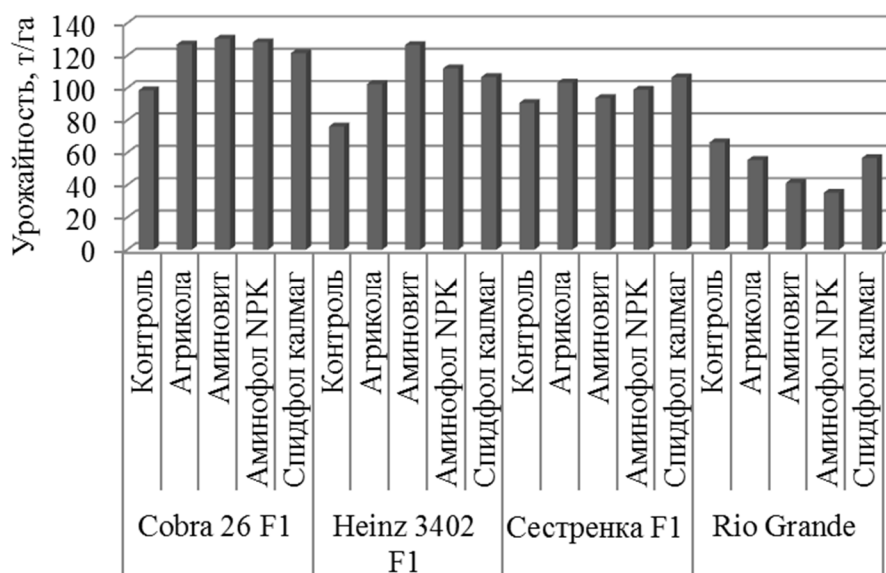


Рисунок 4 – Урожайность томатов в зависимости от листовых обработок, среднее за 2018-2019 гг.

Figure 4 - Yields of tomatoes depending on leaf treatments, average for 2018-2019

Гибрид Сестренка F₁ показывал максимальную прибавку относительно контрольного варианта с урожайностью 90,7 т/га на варианте Спидфол калмаг – 15,8 т/га, с урожайностью 106,5 т/га. На варианте Агрикола урожайность также была высокой 103,3 т/га, при этом прибавка составила 12,6 т/га. Товарность урожая составляла от 81 % на контроле до 90 % на варианте с обработкой Аминовит.

Heinz 3402 F₁ на контроле составляла 76,2 т/га, прибавка на варианте Аминовит у данного гибрида была максимальной среди всех изучаемых вариантов – 50,4 т/га, с урожайностью на данном варианте 126,5 т/га. Остальные варианты также имели высокие прибавки урожая от 26,2 т/га Агрикола до 35,9 т/га Аминофол NPK. Также на данном гибриде были высокие показатели товарности плодов, которые достигали 91-93 % на вариантах с обработками Аминовит, Аминофол NPK, Спидфол калмаг.

Гибрид Cobra 26 F₁ отличался высокой урожайностью на всех вариантах. Так, на варианте Спидфол калмаг урожайность составила 121,5 т/га, при этом прибавка относительно контроля была 23,0 кг/га, на варианте Агрикола урожайность была немного выше 126,9 т/га, прибавка 28,4 т/га, на варианте Аминофол NPK урожайность составляла 128,2 т/га, прибавка 29,7 т/га относительно контроля, урожайность на котором не превышала 98,5 т/га. Наиболее урожайным показал себя вариант с листовыми обработками Аминовит – 130,4 т/га, прибавка урожая при этом достигала 31,9 т/га. Товарность урожая у данного гибрида от 81 % на контроле до 90 % на варианте с Аминовит.

Выводы. Проведенное изучение влияние листовых обработок различными агрохимикатами, содержащими комплексы макро и микроэлементов, аминокислот и обладающими антистрессовым действием, позволяет сделать вывод о том, что различные сорта и гибриды реагируют на данный элемент агротехники неодинаково.

Более отзывчивыми на листовые обработки показали себя изучаемые в опыте гибриды иностранной селекции Cobra 26 F₁ и Heinz 3402 F₁, которые на всех вариантах показывали увеличение основных показателей структуры урожая, урожайности и его товарности.

Исходя из вышеизложенного, для повышения продуктивности томатов на 30-66 %, можно рекомендовать проводить листовые обработки в период вегетации препаратами Аминовит или Аминофол NPK.

Библиографический список

1. Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П. Изучение спонтанного мутагенеза в селекции томата // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №11. С. 148-153. DOI:10.5281/zenodo.1488133.
2. Влияние агротехнических приемов на урожайность и качество различных сортообразцов томата при возделывании на светло-каштановых почвах Калмыкии / В. А. Батыров, И. А. Ниджляева, Е. Н. Очирова, Е. В. Калмыкова // Известия НВ АУК. 2019. №1 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agrotehnicheskikh-priemov-na-urozhaynost-i-kachestvo-razlichnyh-sortoobraztsov-tomata-pri-vozdelivanii-na-svetlo-kashtanovykh> (дата обращения: 02.05.2020).
3. Влияние агротехнических приемов на рост, развитие и продуктивность томата в условиях нижнего Поволжья / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, С. В. Убушаева, В. А. Батыров // Известия НВ АУК. 2017. №2 (46). С. 118-125.
4. Петров Н. Ю., Калмыкова Е. В. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия ОГАУ. 2017. №2 (64). С. 29-31.
5. Полтораднев М. С., Бессарабенко И. В., Гребенникова Т. В. Технология выращивания томатов в открытом грунте в условиях засушливого климата с применением водорастворимых минеральных удобрений // Питание растений. 2015. №3. С. 9-11.
6. Тютюма Н. В., Кудряшова Н. И. Влияние стимуляторов роста растений на структуру урожая и продуктивность томатов в условиях севера Астраханской области // Известия НВ АУК. 2016. №1 (41). С. 101-108.
7. Amar Sawant Tomato Cultivation Guide 2020. 2018 <https://agriculturegururji.com/tomato-cultivation/>.
8. Combining Ability Analysis for Yield, Quality, Earliness, and YieldAttributing Traits in Tomato / A. Agarwal, U. Sharma, R. Ranjan, M. Nasim // International Journal of Vegetable Science. 2017. № 23(6). P. 605-615.
9. Evaluation of antioxidant properties, total phenolic content, and biological activities of new tomato hybrids of industrial interest / G. Tommonaro, R. DE Prisco, G. R. Abbamondi, S. Marzocco, C. Saturnino, A. Poli, B. Nicolaus // J. Med. Food. 2012. №15. P. 483-489.
10. Influence of foliar application of bio-stimulants on growth, yield and chemical composition of tomato / Asad Ullah, Shujaat Ali*, Nasar Ali khan, Syed Mubarak Shah, Fazle Amin, Ata Ullah, Shoaib Khan, Zafar Ullah, Asad & Ali, Shujaat & Khan, Ali & Mubarak Shah, Syed & Amin, Fazle & Ullah, Ata & Khan, Shoaib // International Journal of Biosciences (IJB). 2019. №14. P. 309-316. 10.12692/ijb/14.1.309-316.
11. Khan I. A., Hussain Z., Bakht T. Plant spacing and mulching together affect the phenology and yield of tomato crop // Journal of Animal and Plant Sciences. 2018. № 28(2). P. 546-551.

Conclusions. The study of the influence of leaf treatments with different agrochemicals containing complexes of macro and microelements, amino acids with an anti-stress effect permits to conclude that different varieties and hybrids react to this element of agro technology differently. The studied foreign selection hybrids Cobra 26 F₁ and Heinz 3402 F₁, appeared to be more responsive to the leaf treatments, which in all variants demonstrated an increase in the basic indicators of yield structure, yield and its marketability. Based on the above-mentioned, in order to increase the productivity of tomatoes by 30-66%, we can recommend to make leaf treatments during the growth period with Aminovit or Aminofol NPK.

References

1. Avdeev A. Yu., Kigashpaeva O. P. Izuchenie spontannogo mutageneza v selekcii tomata // Byulleten' nauki i praktiki. 2018. T. 4. №11. P. 148-153. DOI:10.5281/zenodo.1488133.
2. Vliyanie agrotehnicheskikh priemov na urozhajnost' i kachestvo razlichnykh sortoobraztsov tomata pri vozdel'nyanii na svetlo-kashtanovykh pochvah Kalmykii / V. A. Batyrov, I. A. Nidzhlyayeva, E. N. Ochirova, E. V. Kalmykova // Izvestiya NV AUK. 2019. №1 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agrotehnicheskikh-priemov-na-urozhaynost-i-kachestvo-razlichnykh-sortoobraztsov-tomata-pri-vozdel'nyanii-na-svetlo-kashtanovykh> (data obrascheniya: 02.05.2020).
3. Vliyanie agrotehnicheskikh priemov na rost, razvitie i produktivnost' tomata v usloviyakh nizhnego Povolzh'ya / N. Yu. Petrov, E. V. Kalmykova, S. V. Ubushaeva, V. A. Batyrov // Izvestiya NV AUK. 2017. №2 (46). P. 118-125.
4. Petrov N. Yu., Kalmykova E. V. Kompleksnye vodorastvorimye udobreniya v tehnologii vozdel'yvaniya ovoschnykh kul'tur v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya OGAU. 2017. №2 (64). S. 29-31.
5. Poltoradnev M. S., Bessarabenko I. V., Grebennikova T. V. Tehnologiya vyrashchivaniya tomatov v otkrytom grunte v usloviyakh zasushlivogo klimata s primeneniem vodorastvorimyykh mineral'nykh udobrenij // Pitanie rastenij. 2015. №3. P. 9-11.
6. Tyutyuma N. V., Kudryashova N. I. Vliyanie stimulyatorov rosta rastenij na strukturu urozhaya i produktivnost' tomatov v usloviyakh severa Astrahanskoj oblasti // Izvestiya NV AUK. 2016. №1 (41). P. 101-108.
7. Amar Sawant Tomato Cultivation Guide 2020. 2018 <https://agricultureguruji.com/tomato-cultivation/>.
8. Combining Ability Analysis for Yield, Quality, Earliness, and YieldAttributing Traits in Tomato / A. Agarwal, U. Sharma, R. Ranjan, M. Nasim // International Journal of Vegetable Science. 2017. № 23(6). P. 605-615.
9. Evaluation of antioxidant properties, total phenolic content, and biological activities of new tomato hybrids of industrial interest / G. Tommonaro, R. DE Prisco, G. R. Abbamondi, S. Marzocco, C. Saturnino, A. Poli, B. Nicolaus // J. Med. Food. 2012. №15. P. 483-489.
10. Influence of foliar application of bio-stimulants on growth, yield and chemical composition of tomato / Asad Ullah, Shujaat Ali*, Nasar Ali khan, Syed Mubarak Shah, Fazle Amin, Ata Ullah, Shoaib Khan, Zafar Ullah, Asad & Ali, Shujaat & Khan, Ali & Mubarak Shah, Syed & Amin, Fazle & Ullah, Ata & Khan, Shoaib // International Journal of Biosciences (IJB). 2019. №14. P. 309-316. 10.12692/ijb/14.1.309-316.
11. Khan I. A., Hussain Z., Bakht T. Plant spacing and mulching together affect the phenology and yield of tomato crop // Journal of Animal and Plant Sciences. 2018. № 28(2). P. 546-551.

Authors Information

Toumanian Antonina Fedorovna, associate professor of the Department of AgroBiotechnology, Institute of Agriculture, RUDN University (117198, g. Moskva, ul. Mikluxo-Maklaya, 6), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (916) 682-18-05. E-mail: aftum@mail.ru

Keegoui Gertrude, graduate student of the Department of AgroBiotechnology, Institute of Agriculture, RUDN University (117198, g. Moskva, ul. Mikluxo-Maklaya, 6). E-mail: keegoui@mail.ru

Zaitseva Nadezhda Aleksandrovna, selection laboratory manager Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS (416251, Astraxanskaya obl., Chernoyarskiy r-on, s. Solenoe Zajmishhe, ul. Stepnaya, 8), candidate of agricultural sciences tel. 8 (927) 562-19-50. E-mail: rexham@rambler.ru

Zaitsev Sergey Viktorovich, Junior Researcher, Selection Laboratory Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS (416251, Astraxanskaya obl., Chernoyarskiy r-on, s. Solenoe Zajmishhe, ul. Stepnaya, 8). E-mail: rexham@rambler.ru

Информация об авторах

Туманян Антонина Федоровна, профессор Агробиологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (916) 682-18-05. E-mail: aftum@mail.ru

Кигоуи Гертруда, аспирант Агробиологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6).

E-mail: keegoui@mail.ru

Зайцева Надежда Александровна, заведующая лабораторией селекции ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Астраханская обл., Черноярский р-он, с. Соленое Займище, ул. Степная, 8), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (927) 562-19-50.

E-mail: rexham@rambler.ru

Зайцев Сергей Викторович, младший научный сотрудник лаборатории селекции ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Астраханская обл., Черноярский р-он, с. Соленое Займище, ул. Степная, 8). E-mail: rexham@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-11

EFFECTIVENESS OF GROWTH-STIMULATING DRUGS IN THE CULTIVATION OF WHITE CABBAGE IN ARID CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN PRECASPIAN SEA

N. V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko, D. V. Chernik

Federal State Budget Scientific Institution

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Science

Received 27.03.2020

Submitted 22.05.2020

*The research was conducted in the framework of the research topic 2018-2020.
«To improve zonal agricultural technologies for cultivating agricultural crops in order to effectively
use the natural resource potential of the agricultural landscapes of the Northern Precaspian re-
gion» Topic № 0722-2019-0016*

Summary

This article presents the main results on the cultivation of white cabbage in the conditions of drip irrigation with the use of growth-stimulating drugs. According to the results of the research, the highly effective option was the one with leaf treatment with the natural regulator Novosil.

Abstract

Introduction. In the Northern regions of the Astrakhan region, white cabbage cultivation is considered very risky. All irrigation in this region is done by drip irrigation. Low-productive light-chestnut soils in this region are considered complex and salty, which leads to the need for additional mineral fertilizing. At the same time, there is also a need to use growth-stimulating drugs. **Object.** The object of research was hybrids and varieties of cabbage of various origins. **Materials and methods.** The tests on the experimental plot of land FEDERAL state budgetary institution "PARRC wounds" during the 2018-2019. we studied the effect of leafy top dressing on the productivity of hybrids of cabbage white Haga F1, Sati F1, Aggressor F1 and varieties Wintering 1747. Field surveys, observations and measurements were carried out using the Dospekhov B. field experience methodology. A., Methods of state variety testing of agricultural crops, methods of experimental work in vegetable growing and melon growing edited by Belik V. F., Litvinov S. S., Methodological guidelines for conducting registration tests of agrochemicals in agriculture. **Results and conclusion.** In the experimental areas, when treated with growth stimulants Novosil, Aminofol plus, Zdraven turbo, the best biometric indicators proved to be the Hague F1 hybrid, which significantly differed from the other hybrids and varieties under study. The main indicators changed significantly mainly during the technical maturity phase. So among the hybrids and varieties presented in the study in the phase of technical maturity, the hybrid Haag F1 was 84 cm wide, the hybrid Aggressor F1-79 cm. The lowest indicator was observed in the hybrid Sati F1-63cm and in the variety Zimovka1747 – 78 cm. Changes in the diameter of the head were also observed after the action of the drug Novosil. The height of the head, roznilas significantly on options especially in favor of the hybrid Haag F1, which was 21cm. In the wintering 1747 variety, even with the use of drugs, the results were not satisfactory, both in terms of biometric measurements and the yield value. Economic efficiency was high in the cultivation of white cabbage after treatment with growth-stimulating drugs. The Hague F1 hybrid proved to be excellent. The commercial yield was

57.4 t / ha. The variant using the drug Aminofol Plus showed a lower result for all the studied hybrids. More significant indicators of economic efficiency were obtained on the variant using the drug Novosil in the hybrid Haag F1. The profitability of production was the highest 104.1%, and the Economic efficiency was 2.0 p. / p. of invested costs. The Wintering 1747 variety differed significantly from other hybrids under study. Net income indicators had negative values of -1.3 ... -1.03 thousand rubles/t. Economic efficiency of 0.5...0.9 p. / p. of the desired costs. Consequently, the studied variety was less adapted to the natural and climatic conditions of the Astrakhan region against the background of the use of growth stimulants.

Key words: hybrid, variety, white cabbage, growth-stimulating, preparation, yield, economic efficiency, profitability.

Citation. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Chernik D. V. Effectiveness of growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage in arid conditions of the North-Western Precaspian sea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 114-123 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-11.

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 presented.

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

УДК 635.342: 631.811

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Н. В. Тютюма¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
А. Н. Бондаренко¹, кандидат географических наук
Д. В. Черник^{1,2}, магистрант

¹ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 27.03.2020

Дата принятия к печати 22.05.2020

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018-2020 гг.

«Усовершенствовать зональные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур с целью эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов Северного Прикаспия» Тема № 0722-2019-0016

Актуальность. В северных районах Астраханской области возделывание капусты белокочанной считается очень рискованным. Весь полив в этом регионе осуществляется с помощью капельного орошения. Низкопродуктивные светло-каштановые почвы данного региона считаются сложными и солонцеватыми, что приводит к необходимости дополнительного внесения минеральных подкормок. При этом также возникает необходимость в использовании ростостимулирующих препаратов. **Объект.** Объектом исследований явились гибриды и сорт капусты белокочанной различного происхождения. **Материалы и методы.** В результате испытаний на опытном участке землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2018-2019 гг. было проведено изучение действия листовых подкормок на продуктивность гибридов капусты белокочанной Гаага F1, Сати F1, Агрессор F1 и сорта Зимовка 1747. Полевые учеты, наблюдения и измерения проводились с использованием «Методики полевого опыта» Доспехова Б. А., «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» под редакцией Белика В. Ф., Литвинова С. С., «Методического руководства по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве». **Результаты и выводы.** На опытных участках при обработке стимуляторами роста Новосил, Аминофол плюс, Здравень турбо лучшим по биометрическим показателям показал себя гибрид Гаага F1. Основные показатели существенно разнились в основном в фазе технической спелости. Так, среди гибридов и сорта, представленных в изучении в фазе технической спелости, гибрид Гаага F1 составил по ширине розетки

– 84 см, гибрид Агрессор F1 – 79 см. Самый низкий показатель был отмечен у гибрида Сати F1 – 63 см и у сорта Зимовка 1747 – 78 см. Изменения в диаметре кочана также наблюдались после действия препарата Новосил. Высота кочана различалась существенно по вариантам особенно в пользу гибрида Гаага F1, которая составила 21 см. У сорта Зимовка 1747 даже с применением препаратов результаты были неудовлетворительными как по показателям биометрических измерений, так и по значению урожайности. Экономическая эффективность была высокой при возделывании капусты белокочанной после обработок ростостимулирующими препаратами. Превосходно показал себя гибрид Гаага F1. Товарная урожайность составляла 57,4 т/га. Вариант с использованием препарата Аминофол Плюс показал более низкий результат по всем изучаемым гибридам. Более значимые показатели экономической эффективности были получены на варианте с использованием препарата Новосил у гибрида Гаага F1. Рентабельность производства оказалась самой высокой 104,1 %, Экономическая эффективность 2,0 р./р. вложенных затрат. Сорт Зимовка 1747 существенно отличался от других гибридов, находящихся в изучении. Показатели чистого дохода имели отрицательные значения -1,3 ... -1,03 тыс. р./т. Экономическая эффективность – 0,5-0,9 р./р. вложенных затрат. Следовательно, изучаемый сорт оказался менее адаптированным к природно-климатическим условиям Астраханской области на фоне применения стимуляторов роста.

Ключевые слова: гибриды капусты белокочанной, сорта капусты белокочанной, капуста белокочанная, ростостимулирующие препараты, урожайность капусты белокочанной, рентабельность возделывания капусты.

Цитирование. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Черник Д. В. Эффективность ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 114-123. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-11.

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. Возделывание овощной продукции является очень важной отраслью сельского хозяйства Российской Федерации. Увеличение площадей по выращиванию капусты белокочанной позволяет обеспечить российский рынок. Не является исключением возделывание капусты белокочанной и в южных регионах России [1].

Урожайность данной культуры не всегда позволяет получить должного результата, по этой причине возникает необходимость применения препаратов для листовой обработки.

Также огромное значение придается поливному режиму с использованием капельного орошения, который является самым распространенным в условиях Астраханской области при возделывании капусты белокочанной.

Применение именно этого вида полива позволяет сократить расход воды и минеральных удобрений [7]. Производство капусты белокочанной в засушливой зоне светло-каштановых почв считается очень рискованным. Капуста по масштабу потребления и по площади, которая отводится под ее возделывание, занимает ведущее место. Капуста белокочанная – важнейшая овощная культура, ее изучение является актуальным на сегодняшний день [3, 9-12].

Целью исследования являлось изучение влияния ростостимулирующих препаратов и минеральных подкормок, направленных на повышение урожайности капусты белокочанной в зоне светло-каштановых почв Астраханской области.

В задачи исследований входило:

1. Выявить наиболее перспективные для условий севера Астраханской области сорта и гибриды капусты белокочанной, которые обладают значительным уровнем потенциальной урожайности при использовании внекорневых (листовых) обработок ростостимулирующими препаратами и минеральных подкормок.

2. Изучить действие ростостимулирующих препаратов и минеральных подкормок на биометрические показатели и элементы структуры урожая капусты белокочанной.

3. Провести расчет экономической эффективности возделывания капусты белокочанной в зависимости от вариантов листовых обработок.

Научная новизна. Впервые в условиях светло-каштановой почвы Астраханской области будет проведено изучение влияния внекорневых обработок современными ростостимулирующими препаратами и минеральными подкормками, которые направлены на повышение урожайности в условиях капельного орошения.

Материалы и методы. В ходе НИР методом расщепленных делянок был заложен двухфакторный полевой опыт по культуре капуста белокочанная. Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое [2].

В двухфакторном опыте **фактором А** являлись позднеспелые сорта и гибриды капусты белокочанной: Сати F1, Агрессор F1, Гаага, Зимовка 1474.

Фактором В – специальный антистрессовый агрохимикат с высоким содержанием аминокислот **Аминофол Плюс** (стимулирует метаболизм и усвоение питательных веществ, существенно повышает урожайность), ростостимулятор **Новосил** (увеличивает урожайность до 25 %), комплексное минеральное удобрение для листовой подкормки **Здравень турбо** (универсальный для овощных, ускоряет развитие растений).

Общая площадь под опытом – 240,0 м². Площадь делянки под сорт – 60,0 м²; площадь делянки под вариантом – 15,0 м². Площадь учётной делянки – 5,0 м². Норма высадки рассады – 56,0 тыс. шт./га. Схема посадки при двухстороннем размещении 1,4 х 0,25 м. Способ высадки – вручную (рассада); способ полива – система капельного орошения.

В течение вегетации вносились минеральные удобрения (комплексное минеральное удобрение азофоска N₁₆P₁₆K₁₆) из расчёта N₆₀P₆₀K₆₀ для всех изучаемых культур под основную обработку почвы.

Дополнительно, в период вегетации овощных культур, вносилась с поливной водой аммиачная селитра. Общее содержание внесенных минеральных удобрений, рассчитанных по рекомендации (В. В. Челобанова, 1998 г.) для почвенно-климатических условий Астраханской области с учётом выноса питательных веществ, составляло для капусты белокочанной N₁₂₀P₆₀K₆₀ [8].

Варианты опыта:

1. Контроль – без обработки.

2. Аминофол Плюс – подкормка в фазе 3 листьев, 2-я и 3-я подкормки с интервалом 10-15 сут. после последней подкормки. Расход препарата – 1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200,0 л/га. Согласно нормам от товаропроизводителя.

3. Новосил – 1-я в фазе образования 6-7 листьев, 2-я в фазе массового завязывания кочанов. Расход препарата – 100 мл/га, расход рабочего раствора – 300 л/га. Согласно нормам от товаропроизводителя.

4. Здравень турбо – 1-я – в фазе 3-4 настоящих листьев, 2-я – через 2-3 недели после первой, 3-я – в период формирования урожая. Норма расхода препарата – 10 г/10 л воды, расход рабочего раствора – 250 л/га. Согласно нормам от товаропроизводителя.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием «Методики полевого опыта» Доспехова Б. А. [2], «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 2015 г. [5], а также «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» под редакцией Литвинова С.С. [4], «Методического руководства по проведению регистрационных испытаний», 2018 г. [6].

Таблица 1 – Биометрические показатели капусты белокачанной в зависимости от вариантов возделывания, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее за 2018-2019 гг.

Table 1 – Biometric indicators of white cabbage depending on cultivation options, FSBI "PF NC RAS", average for 2018-2019

Сорт / гибрид / Variety / hybrid	Вариант / Option	Количество растений (после пикировки и высадки рассады), шт./м ² / Number of plants (after a pick and planting seedlings), PCs / m ²	Количество растений (перед уборкой), шт./м ² / Quantity Plants (before cleaning), PCs / m ²	Количество листьев перед высадкой в грунт, шт. / quantity leaves before planting in the ground, PCs.	Длина наибольшего листа перед высадкой в грунт, м/ Length of the largest leaf before disembarking in the ground, m	Ширина наибольшего листа, перед высадкой в грунт, м/ Width of the largest leaf, before disembarking in the ground, m	Длина черешков, м/Petiole length, m	Диаметр розетки, м/ The diameter of the outlet of leaf, m		В технической спелости / In technical ripeness			
								10 %	75 %	Ширина розетки, м/Width sockets, m	Диаметр кочана, м/Diameter head, m	Высота кочана, м/Height head, m	Плотность кочана (по шкале 1-5)/Density (on a scale of 1-5)
Сати F1/ Sati F1	Контроль / Control	14,0	13,0	3,0	0,06	0,04	0,013	0,23	0,44	0,53	0,18	0,19	4 – плотный с щелевыми пустотами по краям разреза / 4 – dense with slotted voids at the edges of the cut
	Аминофол Плюс/ Aminobol Plus	14,0	13,0	3,0	0,06	0,03	0,014	0,24	0,53	0,59	0,18	0,20	
	Новосил/ Novosil	15,0	14,0	3,0	0,06	0,03	0,012	0,25	0,54	0,63	0,19	0,20	
	Здравень турбо/ Zdravei turbo	15,0	14,0	3,0	0,06	0,04	0,014	0,25	0,50	0,54	0,18	0,20	
Агрессор F1/ Aggressor F1	Контроль / Control	14,0	14,0	3,0	0,05	0,03	0,012	0,23	0,46	0,57	0,20	0,18	4 – плотный с щелевыми пустотами по краям разреза / 4 – dense with slotted voids at the edges of the cut
	Аминофол Плюс/ Aminobol Plus	14,0	13,0	4,0	0,06	0,04	0,014	0,25	0,51	0,64	0,21	0,18	
	Новосил/ Novosil	14,0	14,0	4,0	0,06	0,03	0,013	0,27	0,55	0,79	0,22	0,19	
	Здравень турбо/ Zdravei turbo	15,0	14,0	3,0	0,06	0,03	0,013	0,25	0,51	0,63	0,21	0,18	
Гага F1/ Gaga F1	Контроль / Control	14,0	13,0	3,0	0,06	0,04	0,014	0,22	0,44	0,55	0,20	0,17	4 – плотный с щелевыми пустотами по краям разреза / 4 – dense with slotted voids at the edges of the cut
	Аминофол Плюс/ Aminobol Plus	15,0	14,0	3,0	0,06	0,03	0,016	0,25	0,53	0,62	0,23	0,18	
	Новосил/ Novosil	14,0	14,0	3,0	0,07	0,04	0,019	0,27	0,55	0,84	0,25	0,21	
	Здравень турбо/ Zdravei turbo	15,0	14,0	3,0	0,06	0,03	0,015	0,22	0,46	0,60	0,23	0,18	
Зимовка 1474 / Wintering 1474	Контроль / Control	15,0	14,0	3,0	0,05	0,03	0,012	0,21	0,43	0,74	0,17	0,16	3 – среднеплотный с щелевыми пустотами по периферии / 3 – medium-density with slotted voids on the periphery
	Аминофол Плюс/ Aminobol Plus	15,0	13,0	4,0	0,06	0,04	0,012	24,0	0,49	0,75	0,23	0,17	
	Новосил/ Novosil	14,0	14,0	4,0	0,06	0,04	0,013	25,0	0,51	0,78	0,20	0,19	
	Здравень турбо/ Zdravei turbo	15,0	14,0	3,0	0,06	0,03	0,014	23,0	0,49	0,77	0,18	0,18	

Результаты и обсуждение. При анализе биометрических измерений, проведенных перед высадкой рассады в грунт, было выявлено, что длина наибольшего листа изменялась от 0,06 до 0,07 м. Ширина наибольшего листа находилась в диапазоне от 0,03 до 0,04 м. Проведенные листовые обработки положительно повлияли на формирование розетки у изучаемых гибридов и сорта капусты белокочанной.

По итогам биометрических измерений было выявлено, что показатели розетки листьев были максимальными по всем изученным гибридам и сорту при использовании препаратов Аминофол Плюс и Новосил. Диаметр розетки листьев в начале фазы (10 %) изменялся от 0,25 до 0,27 м, в полной фазе (75 %) – от 0,51 до 0,55 м.

Применение препаратов Новосил и Аминофол Плюс позволило получить на гибридах Гаага F1 и Агрессор F1 результаты диаметра кочана от 0,21 до 0,25 м.

Самые низкие показатели биометрических измерений были получены на контрольном варианте и на варианте с использованием препарата Здравень турбо.

Согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», был проведен анализ плотности кочанов высокоурожайных гибридов. В результате чего гибрид Гаага F1 и Агрессор F1 были оценены по шкале в 4 балла [5].

Анализируя экономическую эффективность капусты белокочанной, представленной в таблице 2, необходимо выделить следующее: у гибрида Гаага F1 на контрольном варианте показатели урожайности составили 26,6 т/га при общих затратах на производство 280,8 тыс. р. Себестоимость 1 т продукции составляла 10,5 тыс.р., рентабельность при этом была равна 5,3 %. Экономическая эффективность – 0,9 р./р. вложенных затрат.

Высокие показатели урожайности – 57,4 т/га – были достигнуты у гибрида Гаага F1 на варианте с обработкой препаратом Новосил. При этом себестоимость товарной продукции составляла всего 4,8 р./т, рентабельность производства – 104,1 %, экономическая эффективность – 2,0 р./р. вложенных затрат.

Показатели, полученные при анализе таблицы, позволяют сделать следующие выводы, что такие препараты как Аминофол Плюс и Здравень Турбо также положительно повлияли на товарную урожайность, которая изменялась от 43,8 до 45,6 т/га. При общих затратах на производство 281,3 до 281,6 тыс.р. При таких показателях рентабельность производства была на варианте с использованием Здравень Турбо – 55,5 %, с использованием Аминофол Плюс – 62,1 %, экономическая эффективность – 1,6 р./р. вложенных затрат.

Средние значения урожайности были получены у гибридов Сати F1 и Агрессор F1. Так, при общих затратах на производство от 280,8 до 281,6 тыс. р. у гибрида Сати F1, рентабельность производства была равна от 19,5 до 61,3 при экономической эффективности – от 0,6 до 1,6 р./р.

У гибрида Агрессор F1 товарная урожайность изменялась от 27,4 до 36,2 т/га, рентабельность – от 2,7 до 28,7 %, экономическая эффективность – от 1,0 до 1,3 р./р.

Самым низкоурожайным оказался контрольный вариант у сорта Зимовка 1747 при урожайности 13,8 т/га при общих затратах на производство 280,8 тыс. р. Рентабельность при таких показателях составила 36,6 %, при экономической эффективности – 0,5 р./р. вложенных затрат. Урожайность на данном сорте составила всего 25 т/га с применением препарата Новосил. При общих затратах 281,6 тыс. р./га, рентабельность производства – 15,3 %, экономическая эффективность – 0,9 р./р.

Таблица 2 – Экономическая эффективность капусты белокачанной в зависимости от вариантов обработки за 2018-2019 гг., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 2 – Economic efficiency of white cabbage depending on the treatment options for 2018-2019

Сорт / гибрид / Variety / hybrid	Вариант / Option	Урожайность (товарная), т/га / Yield (commodity), t/ha	Общие затраты, тыс. р. / General costs, thousand rubles	Себестоимость, тыс. р./т / Cost, thousand rubles / t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./Cost sold products, thousand rubles	Чистый доход, тыс. р./та / Net income, thousand rubles / ha	Чистый доход, тыс. р./т / Net income, thousand rubles / t	Рентабельность, % / cost- Effective-cost, %	Экономическая эффективность, р. / на р. вложенных Затрат / Economic efficiency, p. / per p. invested costs
Сати F1 / Satty F1	Контроль / Control	22,6	280,8	12,4	226,0	-54,8	-2,4	19,5	0,8
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	33,8	281,3	8,3	338,0	56,7	1,67	20,1	1,2
	Новосил / Novosil	45,0	281,1	6,2	450,0	168,9	3,8	60,0	1,6
Аррессор F1 / Aggressor F1	Здравень турбо / Zdravei turbo	30,0	281,6	9,4	300,0	18,4	0,6	61,3	1,1
	Контроль / Control	29,8	280,8	9,4	298,0	17,2	0,6	6,1	1,1
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	34,6	281,3	8,1	346,0	64,7	1,9	23,0	1,2
Гаара F1 / Hague F1	Новосил / Novosil	36,2	281,1	7,7	362,0	80,9	2,2	28,7	1,3
	Здравень турбо / Zdravei turbo	27,4	281,6	10,2	274,0	-7,6	-0,3	2,7	1,0
	Контроль / Control	26,6	280,8	10,5	266,0	-14,8	-0,6	5,3	0,9
Зимовка 1474 / Wintering 1474	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	45,6	281,3	6,1	456,0	174,7	3,8	62,1	1,6
	Новосил / Novosil	57,4	281,1	4,8	574,0	292,9	5,1	104,1	2,0
	Здравень турбо / Zdravei turbo	43,8	281,6	6,4	438,0	156,4	3,6	55,5	1,6
	Контроль / Control	17,8	280,8	15,7	178,0	-102,8	-5,8	-36,6	0,6
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	13,8	281,3	20,3	138,0	-143,3	-10,3	50,9	0,5
	Новосил / Novosil	25,0	281,1	11,8	238,0	-43,1	-1,8	15,3	0,8
	Здравень турбо / Zdravei turbo	23,8	281,6	11,2	250,0	-31,6	-1,3	11,2	0,9

Выводы:

1. Биометрические показатели с применением препарата Новосил были самыми результативными. Так, длина и ширина розетки листьев капусты белокочанной на данном варианте существенно изменялись на всех гибридах и сорте, находящихся в изучении. Максимальные результаты были получены у гибрида Гаага F1, что свидетельствует о высокой адаптационной способности данного гибрида. Препарат Аминофол Плюс также способствовал более полноценному усвоению питательных веществ в период вегетации. Данный препарат показал также неплохие результаты на гибриде Гаага F1.

2. При сравнительном анализе двух препаратов Новосил и Аминофол плюс на примере экономической эффективности было установлено, что урожайность на варианте с использованием препарата Новосила по отношению к Аминофолу плюс составляла разницу в 11,8 т/га, чистый доход – 1,3 р/т, а рентабельность отличалась существенно – на 42 %, что является высоким показателем. Это позволяет сделать вывод, что препарат Новосил и Аминофол плюс можно рекомендовать к использованию КФХ и ЛПХ Астраханской области, что позволит получать более высокие урожаи капусты белокочанной.

3. Из проведенных исследований за период изучения 2018-2019 гг. можно сделать вывод, что вариант с использованием листовой обработки препаратом Новосил был самым эффективным и оказал положительное влияние на все гибриды и сорт белокочанной капусты, находящиеся в изучении.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Щепотько Н. А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. №14 (49). С. 167-175.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию. 2012. 352 с.
3. Казахмедов Р. Е., Магомедова М. А. Особенности генеративного развития сортов капусты белокочанной озимой в условиях юга России и его гормональная регуляция // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. №4. С. 38-40. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/38-40>.
4. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.:ВНИИ овощеводства. 2011. 648 с.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: «Министерство сельского хозяйства РФ». 2015. 61 с.
6. Методическое руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: производственное практическое издание. М.: «Минсельхоз России». 2018. 132 с.
7. Пронько Н. А., Рябцева Т. Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском правобережье // Аграрный научный журнал. 2018. №1. С 16-21.
8. Челобанов Н. В. Земледелие в Астраханской области. Астрахань: Изд-во «Факел», 1998. С. 367-369.
9. Chase E., Susan A. Cabbage Stump // Journal of Education. 2019. № 42. P.158-159. DOI: 10.1177/002205749504200909.
10. 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. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.011.
11. Routoula El. The sweet smell of sweat and cabbage // Nature Reviews Chemistry. 2019. P. 35-40. DOI: 10.1038/s41570-019-0112-4.
12. Russian Amino Chelate Fertilizers of Agrovin Type Applied on White Cabbage / M. Gaplaev, M. Ivanova, A. Nehoroshev, S. Erlykov // KnE Life Sciences, 2019. P. 14-18. DOI:10.18502/cls.v4i14.5618.

Conclusions. 1. Biometric indicators with the use of the drug Novosil were the most effective. Thus, the length and width of the rosette of white cabbage leaves in this variant significantly changed on all hybrids and varieties under study. The maximum results were obtained in the Haag F1 hybrid, which indicates a high adaptive capacity of this hybrid. Drug Aminol Plus also contributed to a more complete absorption of nutrients during the growing season. This drug also showed good results on the Hague F1 hybrid.

2. when comparing the two drugs Novosil and Aminofol plus on the example of economic efficiency, it was found that the yield on the variant using the drug Novosil in relation to Aminofol plus was a difference of 11.8 t/ha, net income – 1.3 p/t, and the profitability differed significantly – by 42 %, which is a high indicator. This allows us to conclude that the drug Novosil and Aminofol plus can be recommended for use in farms and farms of the Astrakhan region, which will allow you to get higher yields of white cabbage.

3. from the research conducted during the study period 2018-2019, it can be concluded that the variant using leaf treatment with the drug Novosil was the most effective and had a positive effect on all hybrids and varieties of white cabbage that are under study.

Reference

1. Borodychev V. V., Schepot'ko N. A. Voprosy kapel'nogo orosheniya i fertigacii belokochannoj kapusty v Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №14 (49). S. 167-175.
2. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po Trebovaniyu. 2012. 352 s.
3. Kazahmedov R. E, Magomedova M. A. Osobennosti generativnogo razvitiya sortov kapusty belokochannoj ozimoy v usloviyah yuga Rossii i ego gormonal'naya regul'yaciya // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. №4. S. 38-40. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/38-40>.
4. Litvinov S. S. Metodika polevogo opyta v ovoshevodstve. M.: VNII ovoshevodstva. 2011. 648 s.
5. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vypusk chetvertyj kartofel', ovoschnye i bahchevye kul'tury. M.: "Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF". 2015. 61 s.
6. Metodicheskoe rukovodstvo po provedeniyu registracionnyh ispytaniy agrohimikatov v sel'skom hozyajstve: proizvodstvennoe prakticheskoe izdanie. M.: "Minsel'hoz Rossii". 2018. 132 s.
7. Pron'ko N. A., Ryabceva T. G. Vodopotreblenie kapusty belokochannoj pri kapel'nom oroshenii v Saratovskom pravoberezh'e // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2018. №1. S 16-21.
8. Chelobanov N. V. Zemledelie v Astrahanskoj oblasti. Astrahan': Izd-vo "Fakel", 1998. S. 367-369.
9. Chase E., Susan A. Cabbage Stump // Journal of Education. 2019. № 42. P.158-159. DOI: 10.1177/002205749504200909.
10. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / S. Seidel, S. Werisch, N. Sch?tze, H. Laber // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.011.
11. Routoula El. The sweet smell of sweat and cabbage // Nature Reviews Chemistry. 2019. P. 35-40. DOI: 10.1038/s41570-019-0112-4.
12. Russian Amino Chelate Fertilizers of Agrovin Type Applied on White Cabbage / M. Gaplaev, M. Ivanova, A. Nehoroshev, S. Erlykov // KnE Life Sciences, 2019. P. 14-18. DOI:10.18502/cls.v4i14.5618.

Authors Information

Tyutyuma Natalia Vladimirovna, Director of the Precaspian agricultural Federal research center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakhan region, chernoyarsky district, Saline zaymishche village, kv-l Severny-8), doctor of agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, tel. 8 (927) 561-12-25, e-mail: pniaz@mail.ru

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, head of laboratory of agricultural technologies of vegetable crops (FSBI " Precaspian Federal agricultural research centre RAS") (416251, Astrakhan region, chernoyarsky district, S. Salt zaymishche, kv-l of the North - 8), candidate of geographical Sciences, tel: 8 (927) 574-18-05. E-mail: pniiiaz@mail.ru

Chernik, Dmitry Vladimirovich, Junior researcher of the laboratory of agricultural technologies of vegetable crops FSBI " Precaspian Federal agricultural research centre RAS") (416251, Astrakhan region, chernoyarsky district, S. Salt zaymishche, kv-l of the North - 8), graduate student, Volgograd state agrarian university, phone: 8 (927) 071-69-66. E-mail: pniiiaz@mail.ru

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Астраханская обл., Черноярский р-он, с. Соленое Займище, кв-л Северный, 8), доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, тел. 8 (927) 561-12-25. E-mail: pniiiaz@mail.ru

Бондаренко Анастасия Николаевна, заведующая лабораторией агротехнологий овощных культур (ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН») (416251, Астраханская обл., Черноярский р-он, с. Соленое Займище, кв-л Северный, 8), кандидат географических наук, тел. 8 (927) 574-18-05. E-mail: pniiiaz@mail.ru

Черник Дмитрий Владимирович, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН») (416251, Астраханская обл., Черноярский р-он, с. Соленое Займище, кв-л Северный, 8), магистрант, Волгоградский ГАУ, тел. 8 (927) 071-69-66. E-mail: pniiiaz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-12

PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY IN CROPS OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE APPLICATION OF AGROKH-MIKAT ON CERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

V. N. Churzin, D. O. Dubovchenko

Volgograd State Agrarian University

Received 15.01.2020

Submitted 27.04.2020

The research was carried out within the framework of the research plan of the post-graduate student of the Department "crop Production, selection and seed production" Dubovchenko D. O. of the Volgograd state agrarian University for 2018-2021

Summary

The introduction of new varieties of winter wheat, which are characterized by high productivity and grain quality, is one of the reserves for increasing the yield and gross production of winter wheat. One of these varieties are Victoria 11 and Olympus. **Object.** The object of research is new varieties of winter wheat, which are characterized by a high yield potential and high technological parameters of grain. **Materials and methods.** The experimental part of the work is carried out in the peasant farm "Dubovchenko OI" of the Elansky district of the Volgograd region. The bookmark of experiments and related observations were carried out in accordance with the accepted methods in the State tests. **Results and conclusions.** Experimental data on the photosynthetic productivity of crops in cultivar Victoria 11 and cultivar Olympus showed a relationship between AF, PPF, and yield. In the crops of 2017/18, the given values higher were in the crops of the variety Victoria-11, which is associated with a higher density of the stalk for harvesting. The leaf area reached from 48.3 thousand m² / ha in the control at 50.1 thousand m² / ha in the spring application of nitrogen fertilizing N60. Changes in the leaf area due to the use of preparations and liquid fertilizer Helios Azot were insignificant and amounted to 48.6 thousand m² / ha for the variant of application of Humate + 7b and 48.5 thousand m² / ha using Ekoss + S and Helios Azot. In Victoria-11 sowings above the FP, the sowing on the variant using N60 was 2505 thousand m² • days / ha, in the control, respectively - 2415 thousand m² • days / ha, with a close FP value (2425-2430 thousand m² • days / ha) on variants with preparations and Helios Azot, which ensured the formation of grain productivity in the Victoria-11 variety from

5.00 to 5.74 t / ha. On average, over two years, the gluten content of varieties was higher when N60 was added and amounted to 28.1% for the Victoria 11 variety, 96.0 units for the IDK, 27.6% for the Olympus variety, and 94 for IDK. 5 units. The use of Helios Azot fertilizer in relation to the preparations Humate + 7 and Ekoss + S slightly increased the gluten content in the grain.

Key words: *photosynthetic indicators, varieties of winter wheat Viktoriya-11 and Olympus, agrochemicals, productivity, grain quality.*

Citation. Churzin V.N., Dubovchenko D.O. Photosynthetic productivity in crops of winter wheat varieties depending on the use of agrochemicals on chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 123-130 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-12.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, implementation, and analysis of this study. The authors of this article have reviewed and approved the final version.

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

УДК 633.11"324":631.526.32:631.8(470.45)

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ В ПОСЕВАХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Чурзин доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д. О. Дубовченко, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.01.2020

Дата принятия к печати 27.04.2020

Исследования проведены в рамках выполнения плана научных исследований аспиранта кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Дубовченко Д. О. Волгоградского государственного аграрного университета на 2018-2021 гг.

Актуальность. Внедрение в производство новых сортов озимой пшеницы, которые характеризуются высокой продуктивностью и качеством зерна, является одним из резервов увеличения урожайности и валового производства зерна озимой пшеницы. Это сорта Виктория-11 и Олимп.
Объект. Объектом исследований являются новые сорта озимой пшеницы, которые характеризуются высоким потенциалом урожайности и высокими технологическими показателями зерна.
Материалы и методы. Экспериментальная часть работы проводится в КФХ «Дубовченко О. И.» Еланского района Волгоградской области. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проведены согласно принятым методикам в Госсортиспытании.
Результаты и выводы. Экспериментальные данные по фотосинтетической продуктивности посевов у сорта Виктория-11 и сорта Олимп показали взаимосвязь между ФП, ЧПФ и урожаем. В посевах 2017/18 года приведенные значения были выше в посевах сорта Виктория-11, что связано с более высокой плотностью стеблестоя к уборке. Площадь листьев достигала от 48,3 тыс. м²/га на контроле при 50,1 тыс. м²/га на варианте применения весной азотной подкормки N₆₀. Изменения величины площади листьев от применения препаратов и жидкого удобрения Гелиос Азот были незначительными и составили от 48,6 тыс. м²/га на варианте применения Гумата+7б и 48,5 тыс. м²/га с применением Экосс+S и Гелиос Азот. В посевах сорта Виктория-11 выше ФП посева был на варианте с применением N₆₀ – 2505 тыс. м²·дней/га, на контроле соответственно – 2415 тыс. м²·дней/га, при близкой величине ФП (2425-2430 тыс. м²·дней/га) на вариантах с препаратами и Гелиос Азот, которые обеспечивали формирование урожайности зерна у сорта Виктория-11 от 5,00 до 5,74 т/га. В среднем за два года содержание клейковины у сортов выше при внесении N₆₀ и составило у сорта Виктория-11 – 28,1 %, при значении ИДК – 96,0 ед., у сорта Олимп соответственно – 27,6 %, ИДК – 94,5 ед. Применение удобрения Гелиос Азот по отношению к препаратам Гумат+7 и Экосс+S несколько повышало содержание клейковины в зерне.

Ключевые слова: *фотосинтетические показатели озимой пшеницы, сорта озимой пшеницы, Виктория-11, Олимп, агрохимикаты, урожайность озимой пшеницы, качество зерна озимой пшеницы.*

Цитирование. Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Фотосинтетическая продуктивность в посевах сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов на черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 124-131. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-12.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Внедрение в производстве новых сортов озимой пшеницы с высоким потенциалом урожайности и качества зерна является важным резервом увеличения производства зерна в Волгоградской области. Задача исследований состоит в сравнительной оценке продуктивности сортов озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп, их отзывчивости на применение для обработки семян и растений по вегетации препаратов Гумат+7б, Биогумата «Экосс+S», жидкого удобрения Гелиос Азот и внесения N_{60} весной в подкормку. Важность фотосинтетических процессов, применения удобрений и регуляторов роста в формировании величины урожая в посевах зерновых культур отмечается в российских и зарубежных изданиях [1, 4, 5, 7, 11, 12].

Материалы и методы. Экспериментальная часть работы проводится в КФХ «Дубовченко О. И.» Еланского района Волгоградской области. Почва опытного участка чернозем южный, содержание гумуса от 4,81 до 4,98%, подвижных форм фосфора (P_2O_5) — 22,4...26,5 мг/кг, обменного калия (K_2O) — 330... 347,8 мг/кг почвы.

В полевых опытах изучаются сорта озимой пшеницы Виктория-11 и Олимп. Из удобрений применяли N_{60} весной в подкормку и жидкое удобрение Гелиос Азот при обработке семян нормой –2 л/т, расход воды 10 л/т, весной в фазе кущения 4 л/га, расход рабочего раствора 200 л/га.

Для обработки семян использовали препараты БиоГумат «Экосс+S» нормой 250 мл/т, Гумат+7б - 2,0 л/т, расход воды 10 л/т. Весной в фазу кущения применяли указанные препараты при норме 250 мл/га, рабочего раствора 200 л/га.

Посев проведен сеялкой марки СЗ-3,6 на глубину 6-8 см с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на гектар по предшественнику – пар черный. Размещение вариантов в опытах систематическое, площадь делянки по вариантам опыта — 360 м², повторность 3-х кратная. Уборка проведена в фазу полной спелости комбайном «Полесье 12».

Оценку технологических показателей качества зерна по сортам проводили в соответствии с действующими СТ РК и ГОСТами: число падения (ЧП) – СТ РК 1889-2009, содержание белка – по ГОСТ 10846, определение количества и качества клейковины пшеницы – по ГОСТ 13586.1-2014, определение массы 1000 зерен – по ГОСТ 10842, определение натуры – по СТ РК1888-2009 на приборе Wile 200, влажность – СТ РК ИСО 712-2006 на приборе Wile 55.

Погодные условия в годы исследований различались по температуре и количеству осадков. Среднегодовое количество осадков в 2017/18 году составило 414 мм, из них в осенний период выпало 152 мм. Годовая сумма эффективных температур 2025 – °С, ГТК составляет -2,04. 2018/19 сельскохозяйственный год по гидротермическим условиям от предыдущего отличался незначительно. За год выпало 411,8 мм осадков, что меньше на 2,8 мм от среднееголетних показателей. Осенью за период вегетации культуры выпало 95 мм осадков. Во время весенне-летней вегетации выпало 148 мм осадков.

Влияние различных элементов в технологии возделывания озимой пшеницы в последние годы изучались многими исследователями [1-3, 6-8, 11-14], в которые показали, что эффективность различных приемов по зонам исследований не однозначна.

Результаты и обсуждение. Динамика формирования площади листьев, ее размеры и величина фотосинтетического потенциала (ФП) в посевах изучаемых сортов очень важны для процесса фотосинтеза и создания величины урожая, что нашло отражение в рабо-

тах [5, 6, 8, 9]. Нарастание площади листьев у сортов определяли в фазе кущения-выход в трубку и в фазе колошения. Величину надземной биомассы перед уборкой учитывали при определении структуры урожая по массе отбираемых снопов с 1 м².

Наблюдения и учет нарастания площади листьев и надземной биомассы у сортов по вариантам опыта характеризуются интенсивным нарастанием площади листьев и надземной биомассы до фазы колошения при снижении в последующие фазы. В посевах 2018 года максимальная площадь листьев у сорта Олимп формировалась на варианте применения в подкормку весной N₆₀ и составила 30,7 тыс. м²/га, при 28,8 тыс. м²/га на контроле. Применение препаратов Гумат+7б, Экос+SE и жидкого удобрения Гелиос Азот значительных изменений в величине площади листьев не выявило. По указанным вариантам площадь листьев соответственно достигала – 30,1; 30,0; 30,3 тыс. м²/га (Таблица 1).

Таблица 1 – Основные фотосинтетические показатели у сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов

Table 1 – Main photosynthetic parameters of winter wheat varieties depending on the use of agrochemicals

Варианты	Мак. площадь листьев, тыс. м ² /га / Poppy the area of leaves, thousand m ² /ha	ФП посева, тыс. м ² . дней/га / Seeding rate, thousand m ² * days / ha	ЧПФ, г/м ² . сутки / NPF, g / m ² . day	Урожайность зерна, т/га / Grainyield, t / ha	Урожай сухой биомассы, т/га Drybiomassyield, t / ha	K _{хоз.} , % To the household., %
Сорт Олимп, 2018 год / Olymvariety, 2018						
Контроль (б/у) / Control (used)	28,8	1440	3,60	2,28	5,20	41,2
N60	30,7	1535	3,60	2,70	6,50	41,5
Гумат+7б / HUMATE+7b	30,1	1505	4,23	2,59	6,25	41,4
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	30,3	1515	4,15	2,54	6,14	41,0
Экос+SEcosse+S	30,0	1500	4,05	2,57	6,26	41,0
Сорт Олимп, 2019 год / Olymvariety, 2019						
Контроль (б/у) / Control (used)	30,8	1340	6,40	3,60	8,57	42,0
N60	36,7	1596	6,40	4,20	9,72	43,2
Гумат+7б / HUMATE+7b	34,9	1518	6,09	3,80	8,90	42,7
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	34,7	1509	5,86	3,80	9,00	42,2
Экос+SEcosse+S	34,3	1492	5,96	3,75	8,86	42,3
Сорт Виктория -11, 2018 год / GradeVictoria -11, 2018						
Контроль (б/у) / Control (used)	48,3	2415	4,72	5,00	11,40	43,8
N60	50,1	2505	4,72	5,74	13,00	44,1
Гумат+7б / HUMATE+7b	48,6	2430	5,18	5,10	11,90	42,9
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	48,5	2425	4,89	5,05	11,60	43,4
Экос+SEcosse+S	48,5	2425	4,78	5,02	11,67	43,1
Сорт Виктория-11, 2019 год / GradeVictoria -11, 2019						
Контроль (б/у) / Control (used)	40,1	1764	5,53	4,10	9,76	42,0
N60	45,2	1989	5,53	4,75	11,17	42,5
Гумат+7б / HUMATE+7b	41,1	1808	5,61	4,23	10,02	42,2
Гелиос Азот / HeliosNitrogen	40,8	1795	5,54	4,20	9,90	42,4
Экос+SEcosse+S	40,5	1782	5,51	4,18	9,92	42,1
			5,56			

В посевах сорта Виктория-11 увеличение площади листьев в 2018 году связано с более высокой плотностью стеблестоя после перезимовки и достигало от 48,3 тыс. м²/га на контроле, при 50,1 тыс. м²/га на варианте применения весной азотной подкормки N₆₀. Изменения величины площади листьев от применения препаратов и жидкого удобрения Гелиос Азот были незначительными и составили от 48,6 тыс. м²/га на варианте применения Гумата+76 и 48,5 тыс. м²/га с применением Экосс+S и Гелиос Азот.

В посевах 2019 года площадь листьев у сорта Олимп значительно возросла, в основном за счет хорошей сохранности растений в зимний период и повышенной кустистости в весенний период, что обеспечило повышение плотности стеблестоя. Максимальная площадь листьев составляла от 36,7 тыс. м²/га (N₆₀), при 30,8 тыс. м²/га (контроль б/у), при колебании – от 34,3, до 34,9 тыс. м²/га на остальных вариантах.

В посевах сорта Виктория-11 формирование площади листьев по вариантам опыта характеризуется закономерностями, которые отмечены для сорта Олимп. Выше площадь листьев на варианте применения N₆₀, где она достигала – 45,2 тыс. м²/га, при 40,1 тыс. м²/га на контроле и от 41,1 тыс. м²/га (Гумат+76), 40,5 тыс. м²/га на варианте применения препарата Экосс+S и 40,8 тыс. м²/га с применением жидкого удобрения Гелиос Азот.

Установлено, что фотосинтетический потенциал посева (ФП) определяет размеры и длительность работы ассимиляционной поверхности и зависит от сохранности растений, биологических особенностей сорта и условий весенне-летней вегетации. Размеры ФП в 2018 году у сорта Олимп достигали от 1535 тыс. м²·дней/га (N₆₀), до 1440 тыс. м²·дней/га (контроль б/у). В 2019 году величина ФП значительно возрастала и составила от 1596 тыс. м²·дней/га (N₆₀), до 1340 тыс. м²·дней/га (контроль б/у). Применение препарата Гумат+7 обеспечивало повышение ФП до 1518 тыс. м²·дней/га, от препарата Экосс+S ФП достигал 1492 тыс. м²·дней/га, на варианте применения Гелиос Азот ФП составил 1509 тыс. м²·дней/га.

В посевах сорта Виктория-11 по годам отмеченные закономерности сохранялись, но значительно выше ФП посева был в 2018 году на варианте с применением N₆₀ – 2505 тыс. м²·дней/га, на контроле соответственно – 2415 тыс. м²·дней/га. В 2019 году у сорта Виктория-11 величина ФП достигала на контроле – 1764 тыс. м²·дней/га, на варианте N₆₀ соответственно – 1989 тыс. м²·дней/га, при близкой величине ФП (1782-1808 тыс. м²·дней/га) на вариантах с препаратами и Гелиос Азот. Сорт озимой пшеницы Виктория-11 по урожайности значительно превышал сорт Олимп. Применение в подкормку ранней весной N₆₀ для повышения фотосинтетической продуктивности посева и урожайности было выше по отношению к применению изучаемых препаратов на величину урожайности (Таблица 2).

В среднем за два года выше урожайность у сорта Виктория-11, так на варианте N₆₀ она достигала 5,09 т/га. У сорта Олимп на варианте с внесением N₆₀ урожайность составила 3,45 т/га.

В среднем за два года урожайность у сорта Виктория-11 на варианте применения Гумата+76, Гелиос Азот и Экосс+S составила 4,66; 4,62; и 4,60 т/га, при 4,55 т/га на контроле. У сорта Олимп по вариантам применения агрохимикатов урожайность соответственно была 3,19 т/га; 3,14 и 3,16 т/га, при 2,94 т/га на контроле.

В среднем за два года содержание клейковины у сортов выше при внесении N₆₀ и составило у сорта Виктория-11 – 28,1%, при значении ИДК – 96,0 ед., у сорта Олимп соответственно – 27,6 %, ИДК – 94,5 ед. Применение удобрения Гелиос Азот по отношению к препаратам Гумат+7 и Экосс+S несколько повышало содержание клейковины в зерне.

Таблица 2 – Влияние применения агрохимикатов на урожайность сортов озимой пшеницы по годам исследований, т/га

Table 2 – Influence of agrochemicals on the yield of winter wheat varieties by years of research, t / ha

Варианты	Виктория-11 / Victoria-11		Олимп / Olympus	
	2018 год	2019 год	2018 год	2019 год
Контроль (б/у) / Control (used)	5,00	4.1	2,28	3.6
Среднее за два года Average for two years	4,55		2,94	
N60	5,74	4.75	2,70	4.2
Среднее за два года / Average for two years	5,09		3,45	
Гумат+7б/ HUMATE+7b	5,10	4.23	2,59	3.8
Среднее за два года / Average for two years	4,66		3,19	
Гелиос Азот / Helios Nitrogen	5,05	4.2	2,54	3.8
Среднее за два года / Average for two years	4,62		3,14	
Экосс+SEcosse+S	5,02	4.18	2,57	3.75
Среднее за два года / Average for two years	4,60		3,16	

2018 год НСР₀₅ (общая) – 0,20, фактор А (сорта) – 0,09, фактор В (питание) – 0,14, АВ-0,20. 2019 год НСР₀₅ (общая) – 0,06, фактор А (сорта) – 0,02, фактор В (питание) – 0,04, АВ-0,02.

Выводы. Установленные значения фотосинтетической продуктивности посевов у сортов Виктория-11 и Олимп показывают, что эффективным приёмом повышения фотосинтетической продуктивности посева является применение в подкормку ранней весной N₆₀. В среднем за два года выше урожайность у сорта Виктория-11 на варианте N₆₀ – 5,09 т/га. У сорта Олимп урожайность ниже – 3,45 т/га.

На остальных вариантах у сорта Виктория-11 и сорта Олимп по отношению к контролю получена незначительная прибавка. В среднем за два года урожайность на варианте применения Гумата+7б, Гелиос Азот и Экосс+S составила 4,66; 4,62; и 4,60 т/га, при 4,55 т/га на контроле. Отмеченные закономерности характерны и для сорта Олимп, по вариантам применения агрохимикатов урожайность составила 3,19 т/га; 3,14 и 3,16 т/га, при 2,94 т/га на контроле.

Библиографический список

1. Влияние различных элементов технологии возделывания на урожайность озимой пшеницы / Е. Б. Дрепа, Е. Л. Попова, А. Г. Матвеев, И. М. Чаплыгин // Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 2 (6). С. 11-12.
2. Дрепа Е. Б., Голубь А. С., Трубачева Л. В. Агробιοлогическая оценка сортов озимой пшеницы, выращиваемых в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. Волгоград Волгоградский ГАУ. 2019. № 3 (55). С.134-137.
3. Рябчинская Т. А., Зимина Т. В. Средства, регулирующие рост и развитие растений в агротехнологиях современного растениеводства // Агрохимия. 2017. №12. С. 62-92.
4. Рябчинская Т. А., Бобрешова И. Ю., Зимина Т. В. Стивин – регулятор нового поколения на озимой пшенице // Сахарная свекла. 2018. №6. С. 37-40.
5. Серебряков А. А. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы Прикумская 140 и его реализация на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С.106-110.
6. Стукалов Р. С. Полевая всхожесть растений озимой пшеницы в зависимости от технологий возделывания и минеральных удобрений // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 2 (19). С. 28-30.
7. Тихонов Н. И., Сапунков В. Л. Реакция новых сортов озимой пшеницы на микроудобрения, сроки обработки гербицидом Балерина // Плодородие. 2016. № 6. С. 28-31.

8. Тихонов Н. И., Сапунков В. Л. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от микроудобрений и сортов в степной зоне черноземных почв Волгоградской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. №6. С. 28-31.

9. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Фотосинтетическая продуктивность в посевах озимой пшеницы от применения препаратов Гумат+7, Экосс-20 и способов основной обработки почвы // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. Волгоград Волгоградский ГАУ, 2017. № 4 (47). С.65-71.

10. Чурзин В. Н., Серебряков Ф. А., Серебряков В. Ф. Роль регуляторов роста растений и сортов в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. Волгоград Волгоградский ГАУ. 2013. № 1 (29). С.56-60.

11. Introduction of calculated doses of mineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached stavropol upland / A. N. Esaulko, A. Yu. Ozheredova, M. S. Sigida, A. V. Voskoboinikov, O. A. Podkolzin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6.P. 778-781.

12. Mukhopadhyay S. S. Nanjotechnology in agriculture: prospects and constraints // Nano-technol. Sci. Appl. 2015. № 8. P. 55-56.

13. Previous crop as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the central pre caucasus / O. I. Vlasova, V. M. Perederieva, I. A. Volters, E. B. Drepa, E. A. Danilets // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6.P. 1272-1276.

14. Toigildin A. L., Morozov V. I., Podsevalov M. I. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. №6. С. 2203-2209.

Conclusions.. The established values of the photosynthetic productivity of crops in the varieties Victoria-11 and Olympus show that the use of N60 for feeding in early spring provided an effective method for increasing the photosynthetic productivity of crops. On average, for two years, the yield of the Victoria-11 variety on variant N60 is higher - 5.09 t / ha. Variety Olimp yields lower at 3.45 t / ha.

On the other variants, the Victoria-11i variety and the Olympus variety received a slight increase in relation to the control. On average, over two years, the yield on the application of Humate + 7b, Helios Azot and Ekoss + S was 4.66; 4.62; and 4.60 t / ha, at 4.55 t / ha under control. The noted regularities are also characteristic of the Olympus cultivar; according to the options for using agrochemicals, the yield was 3.19 t / ha; 3.14 and 3.16 t / ha, with 2.94 t / ha under control

References

1. Vliyanie razlichnyh jelementov tehnologii vozdeleyvaniya na urozhajnost' ozimoy pshenicy / E. B. Drepa, E. L. Popova, A. G. Matveev, I. M. Chaplygin // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. № 2 (6). P. 11-12.

2. Drepa E. B., Golub' A. S., Trubacheva L. V. Agrobiologicheskaya ocenka sortov ozimoy pshenicy, vyraschivaemyh v usloviyah krajne zasushlivoj zony Stavropol'skogo kraja // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. Volgograd Volgogradskij GAU. 2019. № 3 (55). P.134-137.

3. Ryabchinskaya T. A., Zimina T. V. Sredstva, reguliruyushchie rost i razvitie rastenij v agrotekhnologiyah sovremennogo rastenievodstva // Agrohimiya. 2017. №12. P. 62-92.

4. Ryabchinskaya T. A., Bobreshova I. Yu., Zimina T. V. Stivin - regulyator novogo pokoleniya na ozimoy pshenice // Saharnaya svekla. 2018. №6. P. 37-40.

5. Serebryakov A. A. Fotosinteticheskij potencial ozimoy pshenicy Prikumskaya 140 i ego realizatsiya na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa : Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. № 4 (36). P.106-110.

6. Stukalov R. S. Polevaya vsxozhest' rastenij ozimoy pshenicy v zavisimosti ot tehnologii vozdeleyvaniya i mineral'nyh udobrenij // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2018. № 2 (19). P. 28-30.

7. Tihonov N. I., Sapunkov V. L. Reaktsiya novykh sortov ozimoy pshenicy na mikroudobreniya, sroki obrabotki gerbtsidom Balerina // Plodorodie. 2016. № 6. P. 28-31.

8. Tihonov N. I., Sapunkov V. L. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot mikroudobrenij i sortov v stepnoj zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. №6. P. 28-31.

9. Churzin V. N., Kubrakov E. V. Fotosinteticheskaya produktivnost' v posevah ozimoy pshenicy ot primeneniya preparatov Gumat+7, Jekoss-20 i sposobov osnovnoj obrabotki pochvy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. Volgograd Volgogradskij GAU, 2017. № 4 (47). P. 65-71.

10. Churzin V. N., Serebryakov F. A., Serebryakov V. F. Rol' regulyatorov rosta rastenij i sortov v povyshenii urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. Volgograd Volgogradskij GAU. 2013. № 1 (29). P. 56-60.

11. Introduction of calculated doses of mineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached stavropol upland / A. N. Esaulko, A. Yu. Ozheredova, M. S. Sigida, A. V. Voskoboinikov, O. A. Podkolzin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6. P. 778-781.

12. Mukhopadhyay S. S. Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints // Nanotechnol. Sci. Appl. 2015. № 8. P. 55-56.

13. Previous crop as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the central pre caucasus / O. I. Vlasova, V. M. Perederieva, I. A. Volters, E. B. Drepa, E. A. Danilets // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. P. 1272-1276.

14. Toigildin A. L., Morozov V. I., Podsevalov M. I. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. №6. C. 2203-2209.

Authors Information

Churzin Viktor Nikolaevich, Professor, Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (RF 400002, Volgograd, University Avenue, 26) Doctor of Agricultural Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rastenievodstvo44@mail.ru

Dubovchenko Dmitry Olegovich, graduate student of the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (26, Universitetsky Prospekt, Volgograd, Russian Federation 400002) ORCID: <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. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rastenievodstvo44@mail.ru

Дубовченко Дмитрий Олегович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-13

COMPLEX SUBSTANTIATION OF CULTIVATION TECHNIQUES OF SWEET PEPPER IN THE CONDITIONS OF A CHANGING CLIMATE OF THE LOWER VOLGA REGION

E. V. Kalmykova¹, N. Yu. Petrov², O. V. Kalmykova²

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

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

Abstract

Introduction. The thermal energy resources of the Lower Volga region are abundant, which opens up enormous opportunities for the production of vegetables and vegetable products. Vegetables are the simplest and most economical source of natural vitamins and antioxidants, including sweet peppers. The de-

velopment of a set of measures to improve the efficiency of irrigated land use and increase the yield of high-quality vegetable products is relevant. **Object.** The objects of the study were: The Gift of Moldova (variety standard), promising hybrids Paphos F₁ and Pompeo F₁ with the integrated application of mineral fertilizers, water-soluble fertilizer Rastorin and treatment of seeds and crops with the Energy-M growth regulator for the planned yield of 50, 70, 90 t/ha. **Materials and methods.** The experimental work was carried out in 2011-2016. At the experimental production site IP Zaitsev V.A. in the Gorodishchensky district of the Volgograd region. In the experiments, two variants of soil irrigation regimes were studied - 75-75-75 % NW (constant irrigation regime); 70-80-75 % NW (differential irrigation regime). The Energy-M growth regulator carried out the following treatments with the recommended doses: 1. seeds were soaked in the preparation (1 ml/1 kg of seeds) for 30-40 minutes (working solution - 2 l/kg); 2. Initially, spraying was carried out at the beginning of growth (15 g/ha); 3. the next spraying - during budding - the beginning of flowering (15 g/ha). In the initial period of growth and in the phase of budding - the beginning of flowering, non-root treatments were carried out (15 grams per 300 liters of water). Fertilizer Solution: 1. fertilizing sweet pepper plants in phases of 5-7 leaf plates (15 grams per 10 liters of water); 2. then every 7-10 days during the fruiting period (25 grams per 10 liters of water). The average irrigation rate for years was equal with a constant regime of irrigation reached 3683, with a differentiated one - 4037 m³/ha. **Results and conclusions.** Sweet pepper productivity depended on the introduction of optimal mineral nutrition and irrigation regimen. With increasing doses of mineral fertilizers, the weight of the fruit from each plant increased. In the N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅ + Mortar + Energy-M variant on the Pompeo F₁ hybrid with the differentiated irrigation regime, the highest mass of fruits from one plant was obtained. Improving the growing conditions in the experiment on this option contributed to the formation of fruits with the largest mass (2476 g) and the largest number of fruits (13 pcs.) From one plant, as well as with the largest mass of one fruit (193 g). The increase in the productivity of the studied culture was directly proportional to the conditions of moisture supply and the nutritional regime of plants. With the advent of promising types of fertilizers on the market - complex water-soluble fertilizers that contain the entire microcomplex of mineral nutrition elements and have a relatively low cost, the productivity of vegetable crops increases to 100 t / ha. At the same time, there was a tendency to reduce pollution of the soil horizon, as was observed when using mineral fertilizers that can leave a lot of slag, they are very slowly utilized by soil biotics. Working with information about the many factors that shape the crop suggests that when planning all levels of productivity, sweet pepper should be cultivated, observing a differentiated irrigation regime, this made it possible to create favorable conditions during critical water consumption of sweet pepper. The most adapted hybrid is the Pompeo F₁. In the variant N₂₃₅P₁₄₀K₁₃₀ + Rastvorin + Energy-M, the increase was about 34 t/ha (planning 50 t / ha), in the variant N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅ + Rastvorin + Energy-M - about 21 t/ha (planning 90 t/ha). The proposed combination of yield factors allows to save water resources and partially replace mineral fertilizers with more profitable and safe water-soluble fertilizers. In addition to resource conservation, the work carried out was based on maintaining soil fertility. Therefore, when studying the effectiveness and positive effect of mineral fertilizers on the nutritional regime of the soil in the experimental zone under irrigation conditions, it was observed that nitrate nitrogen and potassium metabolism decreased according to all variants of the experiment. Regardless of the moistening mode used, in all the studied variants, the content of ammonia nitrogen and available phosphorus increased after the collection of sweet pepper fruits. Under the influence of introduced studied complex nutrients, the soil condition in crops was significantly improved. Optimization of the water regime and nutritional conditions when obtaining guaranteed yield contributed to a beneficial effect on changes in the biochemical composition of sweet pepper fruits, while maintaining the species characteristics of varieties and hybrids. An analysis of the data showed that irrigation and the use of mineral fertilizers, Solution and the growth regulator Energia-M to a certain extent influenced the content of dry matter, vitamin C and crude fiber, as well as other biochemical parameters. In accordance with irrigation regimes, the maximum dry matter content was noted in the variant N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅ + Rastvorin + Energy-M on the Pompeo F₁ hybrid - 7.98 and 8.06%, respectively. The content of vitamin C, fiber and sugar increased with the improvement of nutritional conditions and the moisture supply of sweet pepper. This is evidenced by data obtained on the Pompeo F₁ hybrid, where the highest value of these qualitative characteristics was recorded. When assessing the quality by such an indicator as the content of nitrates in the fruits of sweet pepper, in our experiments according to SanPiN 42-123-4619) - May 30, 1988-88 did not exceed the MPC

(up to 200 mg / kg) and was in the range up to 146.9 mg / kg. A high economic effect was obtained from the production methods we proposed in the conditions of the Lower Volga region on the hybrid of Pompeo F1 sweet pepper ($N_{300}P_{180}K_{165}$ + Rastvorin + Energy-M) with differentiation of the irrigation regime (payback on production costs - 6.8 rubles). To obtain high-quality and sustainable production of sweet pepper in conditions of unstable moisture in the Lower Volga region in the subzone of light chestnut soils, it is necessary to use differentiated irrigation regimes for vegetation for the mid-season high-yielding hybrid of sweet pepper Pompeo F1 - seedling-flowering phase – 70 % NW, flowering-fruiting phase – 80 % NW, in the phase of fruit production until the last harvest – 75 % NW, when applying the estimated doses of NPK for the planned yield of 90 t / ha in combination with the solutions of Rastrin and Energy-M.

Key words: *irrigation regime, mineral fertilizers, water-soluble mineral fertilizer, sweet pepper, increased productivity, environmentally friendly products.*

Citation. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Comprehensive rationale for the cultivation of sweet pepper in a changing climate of the Lower Volga. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 130-145 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-13.

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 635.649:631.8:631.67(470.44/.47)

КОМПЛЕКСНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е. В. Калмыкова¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Н. Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. В. Калмыкова², кандидат сельскохозяйственных наук

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

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. Ресурсы тепловой энергии Нижнего Поволжья в изобилии, что открывает огромные возможности для производства овощей и овощных продуктов. Овощи, в том числе и перец сладкий, – самый простой и экономичный источник натуральных витаминов и антиоксидантов. Разработка комплекса мероприятий по повышению эффективности использования орошаемых земель и увеличению урожайности высококачественных овощных продуктов является актуальной.

Объект. Объектами исследования явились: Подарок Молдовы (сорт-стандарт), перспективные гибриды Пафос F₁ и Помпео F₁ при комплексном внесении минеральных удобрений, водорастворимого удобрения Растворин и обработке семян и посевов регулятором роста Энергия-М под планируемую урожайность 50, 70, 90 т/га. **Материалы и методы.** Экспериментальные работы проводились в 2011-2016 годах. На опытно-производственной площадке ИП «Зайцев В. А.» в Городищенском районе Волгоградской области. В опытах были изучены два варианта режимов орошения почвы – 75-75-75 % НВ (постоянный режим орошения); 70-80-75 % НВ (дифференцированный режим орошения). Регулятором роста Энергия-М проводили следующие обработки рекомендованными дозами: 1. семена замачивались препаратом (1 мл/1 кг семян) в течение 30-40 минут (рабочий раствор – 2 л/кг); 2. изначально опрыскивание проводили в начале роста (15 г/га); 3. следующее опрыскивание – в период бутонизации – начала цветения (15 г/га). В начальный период роста и в фазу бутонизации – начала цветения проводились некорневые обработки (15 грамм на 300 литров воды). Удобрением Растворин: 1. подкормка растений перца сладкого в фазах 5-7 листовых пластин (15 грамм на 10 литров воды); 2. затем каждые 7-10 суток в период плодоношения (25 грамм на 10 литров воды). Средняя поливная норма по годам равнялась при постоянном режиме орошения доходила до 3683, при дифференцированном – 4037 м³/га. **Результаты и выводы.** Продуктивность сладкого перца зависела от внедрения оптимального минерального питания и режима орошения. С уве-

личением доз минеральных удобрений возрастал вес плодов с каждого растения. В варианте $N_{300}P_{180}K_{165}$ +Растворин+Энергия-М на гибриде Помпео F_1 при дифференцированном режиме орошения была получена наиболее высокая масса плодов с одного растения. Улучшение условий произрастания в опыте на данном варианте способствовало формированию плодов с наибольшей массой (2476 г) и наибольшим количеством плодов (13 шт.) с одного растения, а также с наибольшей массой одного плода (193 г). Повышение продуктивности изучаемой культуры пребывало в прямо пропорциональной зависимости от условий влагообеспеченности и питательного режима растений. С появлением на рынке перспективных видов удобрений – комплексных водорастворимых удобрений, которые содержат весь микрокомплекс элементов минерального питания и имеющих относительно низкую стоимость, продуктивность овощных культур увеличивается до 100 т/га. При этом прослеживалась тенденция снижения загрязнения почвенного горизонта, как это наблюдалось при применении минеральных удобрений, которые способны оставлять множество шлаков, они очень медленно утилизируются почвенной биотикой. Работа с информацией о множестве факторов, формирующих урожай, предполагает, что при планировании всех уровней продуктивности следует возделывать сладкий перец, соблюдая дифференцированный оросительный режим, это дает возможность создавать благоприятные условия во время критического водопотребления перца сладкого. Самый адаптированный гибрид - Помпео F_1 . В варианте $N_{235}P_{140}K_{130}$ +Растворин+Энергия-М прибавка составила около 34 т/га (планирование 50 т/га), в варианте $N_{300}P_{180}K_{165}$ + Растворин+Энергия-М – около 21 т/га (планирование 90 т/га). Предлагаемая комбинация факторов урожайности позволяет сэкономить водные ресурсы и частично заменить минеральные удобрения на более выгодные и безопасные водорастворимые удобрения. Помимо ресурсосбережения, проведенная работа основывалась на поддержании плодородия почвы. Поэтому при изучении эффективности и положительного воздействия минеральных удобрений на питательный режим почвы в экспериментальной зоне в условиях орошения наблюдали, что нитратный азотный и калиевый обмен снижался по всем вариантам опыта. Независимо от используемого режима увлажнения во всех исследуемых вариантах содержание аммиачного азота и доступного фосфора увеличивалось после сбора плодов сладкого перца. Под влиянием вносимых изучаемых комплексных питательных веществ значительно улучшалось состояние почвы в посевах. Оптимизация водного режима и условий питания при получении гарантированной урожайности способствовали благоприятному влиянию на изменения биохимического состава плодов сладкого перца, сохраняя при этом видовые характеристики сортов и гибридов. Анализ данных показывал, что ирригация и использование минеральных удобрений, Растворина и регулятора роста Энергия-М в определенной степени влияли на содержание сухого вещества, витамина С и сырой клетчатки, а также на другие биохимические показатели. В соответствии с поливными режимами, максимальное содержание сухого вещества отмечалось в варианте $N_{300}P_{180}K_{165}$ + Растворин + Энергия-М на гибриде Помпео F_1 – 7,98 и 8,06 %, соответственно. Содержание витамина С, клетчатки и сахара, увеличивалось с улучшением условий питания и влагообеспеченности сладкого перца. Об этом свидетельствуют данные, полученные на гибриде Помпео F_1 , где было зарегистрировано наибольшее значение этих качественных характеристик. При оценке качества по такому показателю, как содержание нитратов в плодах перца сладкого, в наших опытах согласно СанПиН 42-123-4619) - 30 мая 1988-88 не превышало ПДК (до 200 мг/кг) и находилось в пределах до 146,9 мг/кг. Высокий экономический эффект получен от предложенных нами приемов производства в условиях Нижнего Поволжья на гибриде сладкого перца Помпео F_1 ($N_{300}P_{180}K_{165}$ + Растворин + Энергия-М) при дифференциации поливного режима (окупаемость производственных затрат – 6,8 руб.). Для получения качественного и устойчивого производства сладкого перца в условиях нестабильного увлажнения в Нижнем Поволжье в подзоне светло-каштановых почв необходимо использовать дифференцированные режимы полива по вегетации для среднеспелого высокоурожайного гибрида сладкого перца Помпео F_1 – фаза «всходы – цветение» – 70 % НВ, фаза «цветение – плодообразование» – 80 % НВ, в фазу плодообразования до последней уборки – 75 % НВ при внесении расчетных доз NPK на планируемую урожайность 90 т/га в комплексе с препаратами Растворин и Энергией-М.

Ключевые слова: возделывание перца сладкого, условия возделывания перца сладкого, режимы орошения перца сладкого, водорастворимые минеральные удобрения, перец сладкий, повышение урожайности перца сладкого, экологически чистая продукция.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Комплексное обоснование приемов возделывания перца сладкого в условиях меняющегося климата Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 131-146. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-13.

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. Волгоградская область – один из крупнейших регионов на юге нашей страны. Географическое расположение данного региона Российской Федерации служит источником уникальных тепловых энергий, а нахождение между реками Волга и Дон определяет достаточную степень обеспечения сельского хозяйства области водными ресурсами. Эти ресурсы открывают огромные возможности для производства овощей и овощных продуктов [5].

Однако наблюдается тенденция все большего повышения засушливости климата на Европейской части нашей страны. Зоны сухих степей и полупустынь преобразуются в настоящие пустыни. Поэтому прогнозируется значительное снижение (до 20 %) продуктивности сельскохозяйственных культур [7].

Разработка и внедрение технологий сохранения природоресурсов при выращивании сельскохозяйственных культур должна осуществляться на высоком методическом и научном уровне. Следует предусматривать современные перспективные научные методы – это ландшафтный подход к процессу и формированию ирригационной системы; более крупные факторы, которые оказывают влияние на взаимодействие системы ирригации и ее конструктивных закономерностей, с факторами внешней среды в режиме оптимизации; создавать функциональную экологическую стойкость оросительных систем с высокой отдачей [10, 11].

В контексте интенсификации и индустриализации, чтобы получить количественные показатели, люди забыли базовые знания об особой отрасли выращивания овощей – производстве витаминных продуктов, которые напрямую влияют на продолжительность жизни, поддерживают здоровье, работоспособность и приятное настроение.

Овощи, в том числе и перец сладкий, – самый простой и экономичный источник натуральных витаминов и антиоксидантов [1-4, 6].

Укоренившаяся точка зрения заключается в том, что только система сельскохозяйственных химических технологий является самой передовой и может значительно повысить урожайность овощных культур. Это мнение не всегда разумно. Вступая в период глобального загрязнения почвы и продуктов, мы систематически разрушали природную среду на протяжении десятилетий [9].

Считается, что выходом из этой ситуации является минимизация негативных внешних воздействий на агроэкосистемы и более дифференцированное и всестороннее использование природных ресурсов [8].

Опыт показывает, что интенсивный процесс сельскохозяйственных экосистем и сельскохозяйственных ландшафтов претерпел урбанизацию и экологизацию. Мобилизация адаптационного потенциала значительно изменила эту ситуацию и способствовала экологическому балансу биосферы.

Чтобы избежать ухудшения ситуации в современных условиях, необходимо установить экологические нормы для овощеводства, основанные на качестве продукции, защите окружающей среды и поддержании наилучшего баланса.

При разработке сельскохозяйственных биологических систем в процессе орошения мы наблюдали ситуацию в направлении промышленной биологизации. Основными составляющими являются экономия поливной воды, внедрение научно обоснованных

севооборотов; органическая и минерально-органическая система биоудобрений, усовершенствованные сельскохозяйственные технологии и методы защиты биоэкологии, которые могут защитить овощные растения от вредителей, болезней и сорняков, недоразвитых технологий производства овощных культур.

Истощение энергетических и минеральных ресурсов – все более сложная проблема защиты окружающей среды, угроза дисбаланса в биосферной среде, вызванная вмешательством человека в естественные взаимодействия, и ясно, что промышленность будет использовать современные разработки в овощеводстве, чтобы обратиться к экологически чистому овощеводству [8].

Целью исследования являлась разработка комплекса мероприятий по повышению эффективности использования орошаемых земель и увеличению урожайности высококачественных овощных продуктов на примере перца сладкого.

Материалы и методы. Экспериментальные работы проводились в 2011-2016 годах на опытно-производственной площадке ИП «Зайцев В. А.» в Городищенском районе Волгоградской области, которая является типичным типом каштанового грунта, характерного для правобережья реки Волга в границах Калачевского и Дубовского районов. При проведении полевых испытаний в годы исследований учитывали погодные условия, но неравномерное распределение лимитирующих факторов позволило более полно проводить агробиологическую оценку изучаемых сортообразцов овощной культуры и сельскохозяйственных технологий. Учитывая соотношение летних тепловых и водных ресурсов и гидротермального коэффициента Селянинова (SCC), условия увлажнения можно охарактеризовать более полно. Таким образом, 2011 и 2013 годы – засушливые (ГТК – 0,66; 0,98), 2012 и 2014 годы – сухие (ГТК – 0,37; 0,29), 2015 год – очень засушливый (ГТК – 0,50), 2016 год – слабозасушливый (ГТК – 1,19).

Эксперимент проводился методом расщепленных делянок. Расположение участков по сорту и гибриду являлось систематическим, по питательным режимам – рендомизированное. Учетная площадь участка составляла 20 квадратных метров. Повторность опыта – 3 кратная. Посев перца сладкого осуществлялся по схеме 0,50+0,90 м.

В полевых испытаниях были изучены следующие сорта и гибриды для производства сладкого перца: Подарок Молдовы (сорт-стандарт), Пафос F₁, Помпео F₁.

Питательный режим основывался на внесении минеральных удобрений в дозах, рассчитанных на получение планируемой урожайности перца сладкого: 50, 70, 90 т/га. Варианты опытов: 1 – контроль; 2 – Энергия-М; 3 – внесение минеральных удобрений под урожайность 50 т/га: N₁₆₅P₁₀₀K₉₀; 4 – применение минеральных удобрений под урожайность 70 т/га: N₂₃₅P₁₄₀K₁₃₀; 5 – применение минеральных удобрений под урожайность 90 т/га: N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅; 6 – Растворин; 7 – N₁₆₅P₁₀₀K₉₀+Растворин; 8 – N₂₃₅P₁₄₀K₁₃₀+Растворин; 9 – N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅+Растворин; 10 – Растворин+Энергия-М; 11 – N₁₆₅P₁₀₀K₉₀+Растворин+Энергия-М; 12 – N₂₃₅P₁₄₀K₁₃₀+Растворин+Энергия-М; 13 – N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅+Растворин+Энергия-М. Минеральные удобрения вносились в виде аммиачной селитры с содержанием азота 34,00 %, двойного суперфосфата (39,41 % P₂O₅) и хлористого калия (60,00 % K₂O).

По режиму орошения растений перца сладкого были приняты следующие варианты: 1 – предполивной порог влажности на уровне 75-75-75 % НВ (постоянный режим орошения); 2 – предполивной порог влажности на уровне 70-80-75 % НВ (дифференцированный режим орошения): посев – цветение – 70 % НВ; цветение – плодообразование – 80 % НВ; плодообразование – техническая спелость – 75 % НВ.

Регулятором роста Энергия-М проводили следующие обработки рекомендованными дозами: 1. семена замачивались в препарате (1 мл/1 кг семян) в течение 30-40 минут (рабочий раствор – 2 л/кг); 2. первое опрыскивание осуществляли в начале роста

(15 г/га); 3. второе опрыскивание – в фазе бутонизации – начала цветения (15 г/га). В начальный период роста и в период бутонизации – начала цветения проводились некорневые обработки (15 грамм на 300 литров воды).

Удобрением Растворин: 1. подкормка растений перца сладкого в фазах 5-7 листовых пластин (15 грамм на 10 литров воды); 2. затем каждые 7-10 суток в период плодоношения (25 грамм на 10 литров воды).

Гранулометрический состав изучаемого участка – тяжелый суглинок. Содержание гумуса в пахотном слое на исследуемом участке было низкое (2,31 %), его территориальный диапазон составлял 80 %, а содержание гумуса уменьшалось с 1,05 до 0,32 % на глубине от 0,4 до 1,0 м. Причина низкого содержания гумуса почвы состоит в том, что процесс преобразования органического вещества имеет специфическую зональность. Гидрофизические свойства почвы напрямую зависят от гранулометрического состава. Плотность сложения изменялась по профильному горизонту – наименьшая отмечалась в слое 0,0-0,1 м – 1,24 т/м³. При дальнейшем углублении значение повышалось до 1,35 в исследуемом горизонте почвы 0,0-0,6 м, в слое почвы 0,0-1,0 м – 1,45 т/м³. Максимальная плотность сложения наблюдалась на глубине 1 м, составляя 1,62 т/м³. Возрастание этого показателя до 1,59-1,62 т/м³ значительно снижало водопроницаемость почвы, так как эти горизонты имели более высокую солонцеватость. Общая пористость пахотного горизонта почвы изменялась от 50,4 % до 47,5 %, снижаясь до 44,2 % вниз по профилю. Наименьшие значения влагоемкости зависели от размера частиц и химического состава, наличия органических веществ, состава поглощенных оснований и порозности в диапазоне от 25,60 % в горизонте от 0,0-0,1 м до 22,82 % в слое от 0,0-0,6 м. В среднем для почвенного горизонта 0,0-1,0 м наименьшая влагоемкость равнялась 20,4 %, а влажность завядания – 8,49 %. Абсолютная концепция эффективности плодородия почв способствовала формированию агрохимической составляющей, которая учитывает содержание подвижных форм питательных веществ, это оказывает значительное влияние на рост растений и помогает увеличить урожайность. Реакция почвенного раствора исследуемой почвы довольно близка к нейтральной или слабощелочной (рН 6,8-8,0). Обеспеченность почвы опытного участка гидролизуемым азотом (по Корнфилдзу) была низкая (менее 100 мг/кг почвы), подвижным фосфором (по Мачигину) – от низкой до средней (16-30 мг/кг почвы), обменным калием (по Мачигину) – повышенная и высокая (300-500 мг/кг).

Результаты и обсуждение. На этой основе были проведены полевые исследования посевов сладкого перца с 2011 по 2016 годы, в которых требовалось разное количество поливов, поливная норма также варьировала в зависимости от режима орошения.

Полив при постоянном режиме орошения осуществлялся 3,5 часа нормой 127 м³/га. При дифференцированном режиме орошения число поливов повышалось за счет уменьшения межполивного периода и возрастания доли поливной воды в фазу посев-цветение до 145 м³/га, при поливе на протяжении 4 часов. В период цветения-плодообразование – 109 м³/га в течение 3 ч, при повышении численности поливов. В 2011 году требовалось при постоянном режиме орошения – 30 поливов, что на 3 меньше, чем при дифференцированном, в острозасушливых 2012 году 38 и 42, в 2014 году 41 и 45, в 2013 году 23 и 27 поливов, в 2015 году периодическое выпадение атмосферных осадков способствовало уменьшить число поливов до 24 и 28, соответственно по режимам орошения. Более благоприятные метеоусловия 2016 г. позволили уменьшить количество поливов до 18 и 22, соответственно по режимам орошения.

Средняя поливная норма по годам при постоянном режиме орошения доходила до 3683, при дифференцированном – до 4037 м³/га.

В 2011 году оросительная норма в среднем по вариантам находилась на уровне 3810 м³/га при постоянном режиме, что на 273 м³/га ниже, чем при дифференцированном. В дальнейшие годы исследования разница на этом показателе повышалась и колебалась в пределах от 328 до 400 м³/га. Так, в 2012 году норма доходила до 4826 и 5226 м³/га, в 2013 году – до 2921 и 3285 м³/га, в 2014 году – до 5207 и 5589 м³/га, в 2015 году – до 3048 и 3376 м³/га, в 2016 году – до 2286 и 2668 м³/га, соответственно по режимам увлажнения. Самые высокие значения были зафиксированы в острозасушливых 2012 и 2014 гг. на вариантах при дифференцированном режиме орошения (5226 и 5589 м³/га) (рисунк 1).

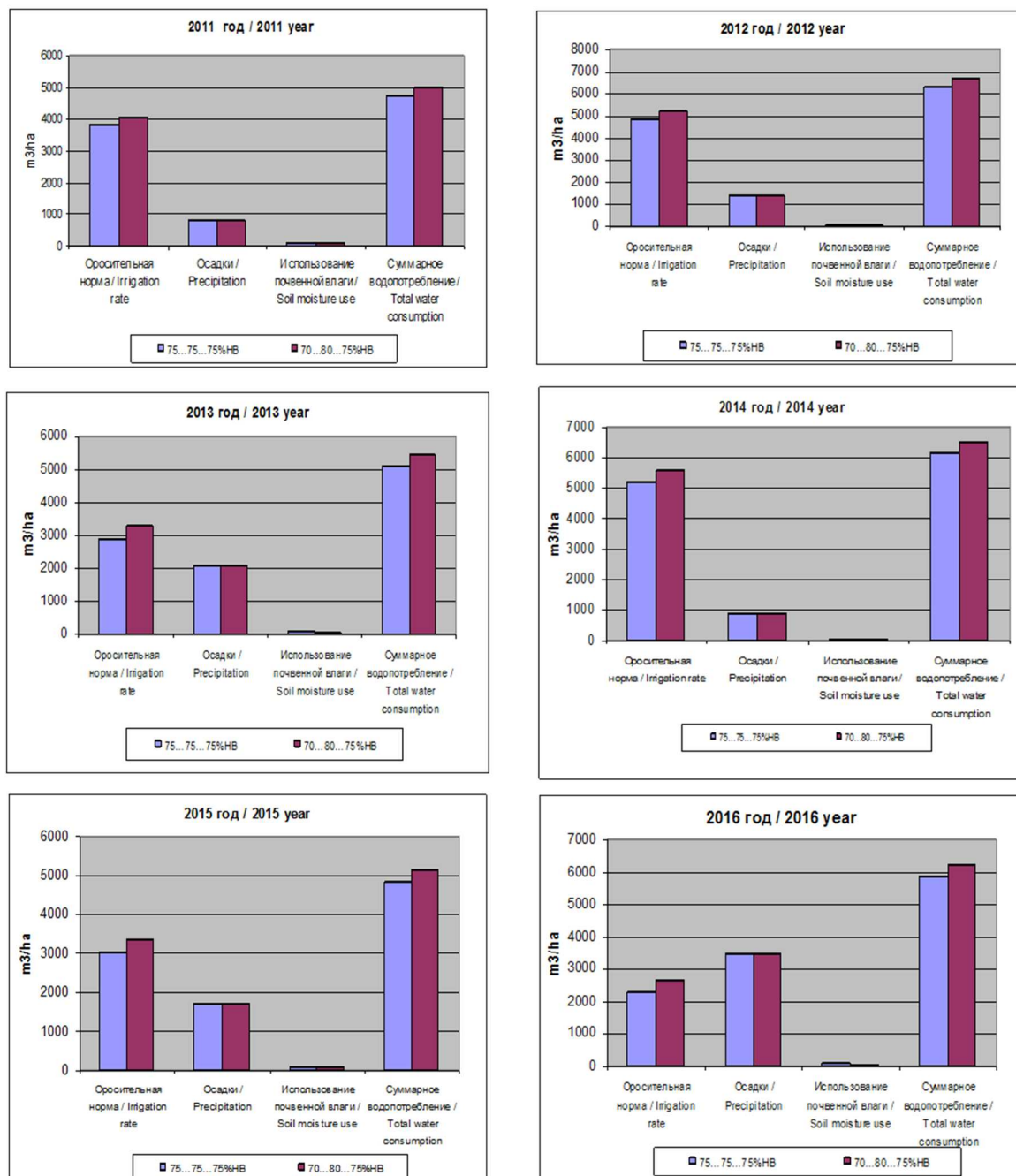


Рисунок 1 – Суммарное водопотребление перца сладкого по годам исследования, м³/га

Figure 1 – The total water consumption of sweet pepper by years of study, m³ / ha

Суточное водопотребление варьировало по годам (рисунок 2). Максимальные значения потребления воды в сутки в период вегетации были при дифференцированном режиме орошения и составляли в среднем за годы исследования $29,26 \text{ м}^3/\text{га}$, что на $1,77 \text{ м}^3/\text{га}$ выше, чем при постоянном режиме.

Анализ данных позволяет сделать вывод, что суточное водопотребление повышалось с увеличением предполивного порога влажности. По периодам вегетации суточное водопотребление варьировало.

В среднем за годы исследования от посева до цветения требовалось $39,08 \%$ всего используемого растением количества воды. Наибольшее суточное водопотребление было зафиксировано в период от цветения до плодообразования: $39,22 \text{ м}^3/\text{га}$ – на постоянном, $44,96 \text{ м}^3/\text{га}$ – на дифференцированном режимах орошения.

Суммарное водопотребление, в среднем, по годам исследования составляло при постоянном режиме орошения $5503,3 \text{ м}^3/\text{га}$, при дифференцированном режиме – на $340 \text{ м}^3/\text{га}$ больше ($5843,3 \text{ м}^3/\text{га}$). К концу вегетации суточное водопотребление резко уменьшалось за счет снижения потребности растений в увлажнении. Так, при постоянном режиме орошения оно равнялось $18,2$, при дифференцированном – $17,2 \text{ м}^3/\text{га}$. Это осуществлялось за счет понижения среднесуточной температуры почвы и воздуха, уменьшения расхода воды на испарение с поверхности почвы, так как растения перца сладкого существенно затеняли поверхность почвы.

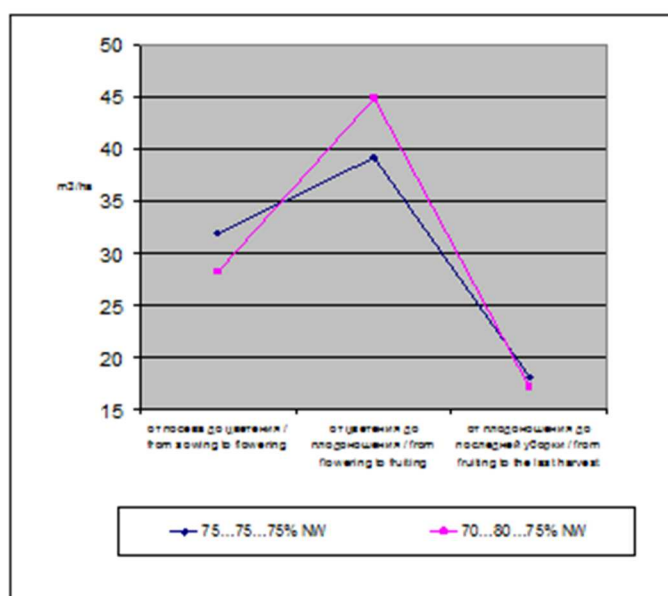


Рисунок 2 – Динамика суточного водопотребления перца сладкого, $\text{м}^3/\text{га}$

Figure 2 – Dynamics of daily water consumption of sweet pepper, m^3 / ha

Коэффициент водопотребления и значения суммарного водопотребления может варьировать в широких пределах, в зависимости от погодных условий, плодородия почвы, величины урожайности, режима и способа орошения. Чем больше водообеспеченность растений и продуктивность, тем меньше коэффициент водопотребления. Внесение удобрений, регулятора роста, а также совместная обработка ими посевов перца сладкого благоприятствовала более экономному расходованию воды на формирование урожайности. Так, в варианте $N_{165}P_{100}K_{90}$ на гибриде Помпео F_1 (урожайность $71,6$ и $75,5 \text{ т/га}$ по соответствующим режимам орошения) этот коэффициент уменьшался до $77,2$ и $77,7 \text{ м}^3/\text{т}$, что на $31,2$ и $30,5 \text{ м}^3/\text{т}$ ниже относительно контрольного варианта, с прибавкой урожайности на $20,6$ и $21,3 \text{ т/га}$, соответственно по режимам увлажнения

почвы. С увеличением дозы минеральных удобрений, уменьшался коэффициент водопотребления. Эта закономерность прослеживалась независимо от режима орошения на всех сортаобразцах. Создавая оптимальное водопотребление растений и изменяя микроклиматические и почвенные условия, оросительная вода способствовала значительному влиянию на продуктивность перца сладкого.

Дисперсионный анализ полученных данных в опыте позволил установить зависимость коэффициента водопотребления от продуктивности перца сладкого, которую можно отразить следующим уравнением регрессии: $y=0,5942x+51,9$, где: y – урожайность перца сладкого, т/га; x – коэффициент водопотребление, мз/т. Следовательно, полученное уравнение позволяет прогнозировать коэффициент водопотребления для урожайности до 90 т/га перца сладкого при капельном орошении.

Урожайность сладкого перца зависела от уровня минерального питания и применяемого режима орошения: числа плодов, вес одного плода, масса плодов с отдельного растения были выше у растений в вариантах под планируемую урожайность 50, 70, 90 т/га на дифференцированном режиме. С увеличением дозы минеральных удобрений возрастала масса плодов с одного растения. В варианте $N_{300}P_{180}K_{165}$ +Растворин+Энергия-М на гибриде Помпео F_1 при дифференцированном режиме орошения была получена наиболее высокая масса плодов с одного растения. Улучшение условий произрастания в опыте на данном варианте способствовало формированию плодов с наибольшей массой (2475,6 г) и наибольшим количеством плодов (12,8 шт.) с одного растения, а также с наибольшей массой одного плода (193,4 г) (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее количество плодов на 1 растении, шт.

Table 1 – Average number of fruits per 1 plant, pcs.

Вариант / Option	75...75...75% HB/ 75...75...75% NW			70...80...75% HB/ 70...80...75% NW		
	Подарок Молдовы/ Gift of Mol- dova	Пафос F_1 / Paphos F_1	Помпео F_1 / Pompeo F_1	Подарок Молдовы / Gift of Moldova	Пафос F_1 / Paphos F_1	Помпео F_1 / Pompeo F_1
Контроль / Control	5,9	6,2	6,6	6,3	6,5	7,1
Энергия-М / Energy-М	7,5	7,8	8,3	7,9	8,1	8,6
$N_{165}P_{100}K_{90}$ / $N_{165}P_{100}K_{90}$	8,6	8,9	9,4	8,8	9,2	9,9
$N_{235}P_{140}K_{130}$ / $N_{235}P_{140}K_{130}$	9,1	9,5	10,1	9,4	9,9	10,7
$N_{300}P_{180}K_{165}$ / $N_{300}P_{180}K_{165}$	10,3	10,7	11,4	10,6	11,2	12,0
Растворин / Rastvorin	7,4	7,9	8,2	8,1	8,2	8,9
$N_{165}P_{100}K_{90}$ +Растворин / $N_{165}P_{100}K_{90}$ + Rastvorin	9,0	9,6	10,0	9,4	9,9	10,7
$N_{235}P_{140}K_{130}$ +Растворин / $N_{235}P_{140}K_{130}$ + Rastvorin	9,7	10,2	10,8	10,3	10,8	11,3
$N_{300}P_{180}K_{165}$ +Растворин/ $N_{300}P_{180}K_{165}$ + Rastvorin	10,9	11,3	11,8	11,4	11,8	12,4
Растворин+Энергия-М/ Rastvorin + Energy-М	8,7	9,0	9,6	9,3	9,5	10,0
$N_{165}P_{100}K_{90}$ +Растворин+Энергия-М/ $N_{165}P_{100}K_{90}$ + Rastvorin + Energy-М	9,5	10,1	10,7	10,1	10,7	11,2
$N_{235}P_{140}K_{130}$ +Растворин+Энергия-М/ $N_{235}P_{140}K_{130}$ + Rastvorin + Energy-М	10,5	11,0	11,5	11,2	11,6	12,2
$N_{300}P_{180}K_{165}$ +Растворин+Энергия-М/ $N_{300}P_{180}K_{165}$ + Rastvorin + Energy-М	11,3	11,8	12,4	11,8	12,3	12,8

Увеличение среднего веса одного плода у перспективных гибридов Пафос F₁ и Помпео F₁, в среднем, за годы проведения опытов на постоянном режиме орошения в варианте N₁₆₅P₁₀₀K₉₀ изменялось от 166,5 и 169,3 г, соответственно по гибридам, это на 0,9 и 0,2 г выше, чем на дифференцированном режиме орошения (таблица 2).

Дальнейшее увеличение доз минеральных удобрений способствовало повышению массы, что естественно отразилось на росте продуктивности растений с единицы площади. Так, в варианте с комплексным внесением удобрений (N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅), водорастворимого удобрения и регулятора роста на всех изучаемых сортообразцах были получены более крупные плоды – 148,7 и 153,3 г (Подарок Молдовы), 187,9 и 191,3 г (Пафос F₁) и 189,6 и 193,4 г (Помпео F₁), соответственно по режимам орошения (таблица 3).

Возрастание продуктивности изучаемой культуры находилось в прямо пропорциональной зависимости от питательного режима и условий влагообеспеченности растений (таблица 4).

Комплексное применение препаратов Растворина и Энергии-М оказывало положительный эффект на исследуемые гибриды, которые оказались более отзывчивыми относительно сорта-стандарта на 16,4 и 16,0 т/га (Пафос F₁) и 21,3 и 20,5 т/га (Помпео F₁), соответственно по режимам орошения. Гибрид Помпео F₁ отмечался как более чувствительный в данном почвенно-климатическом регионе к изучаемым питательным и водным режимам. У всех вариантов на этом гибриде отмечалась максимальная урожайность.

Таблица 2 – Средняя масса плодов с 1 растения, г

Table 2 - Average weight of fruits from 1 plant, g

Вариант / Option	75...75...75% НВ/ 75...75...75% NW			70...80...75% НВ/ 70...80...75% NW		
	Подарок Молдовы/ Gift of Mol- dova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁	Подарок Молдовы/ Gift of Moldova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁
Контроль / Control	773,3	1017,8	1133,3	848,9	1093,3	1204,4
Энергия-М / Energy-M	931,1	1228,9	1335,6	1006,7	1302,2	1402,2
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀	1157,8	1482,2	1591,1	1271,1	1540,0	1677,8
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀	1322,2	1664,4	1775,6	1486,7	1773,3	1913,3
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ / N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅	1468,9	1822,2	1940,0	1606,7	1953,3	2075,6
Растворин / Rastvorin	1037,8	1362,2	1477,8	1146,7	1473,3	1580,0
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin	1240,0	1597,8	1704,4	1355,6	1697,8	1793,3
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin	1464,4	1842,2	1957,8	1615,6	1984,4	2068,9
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin	1606,7	2006,7	2120,0	1755,6	2151,1	2242,2
Растворин+Энергия-М/ Rastvorin + Energy-M	1235,6	1600,0	1708,9	1335,6	1691,1	1791,1
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin + Energy-M	1322,2	1722,2	1833,3	1455,6	1840,0	1948,9
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin + Energy-M	1562,2	2035,6	2155,6	1733,3	2195,6	2300,0
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин+Энергия-М/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin + Energy-M	1680,0	2217,8	2351,1	1808,9	2353,3	2475,6

Так, на постоянном режиме орошения в контрольном варианте на этом гибриде была достоверно получена прибавка на 16,2 т/га, по сравнению с данными на сорте-стандарте в контрольном варианте, на 5,2 т/га по сравнению с продуктивностью, полученной на гибриде Пафос F₁ в контроле. При дифференциации поливной воды в период вегетации в этом варианте была получена урожайность 54,2 т/га, это на 16,0 и 5,0 т/га выше относительно сорта-стандарта и гибрида Пафос F₁. Максимальная урожайность у этого гибрида была получена в варианте N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅+Растворин+ Энергия-М во все годы исследований, в среднем за 2011-2016 гг. она равнялась на постоянном режиме 105,8 т/га, на дифференцированном – 111,4 т/га.

Исследования показали, что при выполнении дифференцированного режима орошения была получена достоверная прибавка урожайности в сравнении с соблюдением постоянного режима, то есть, повышение водоснабжения растений перца сладкого в период плодообразования способствовало пропорциональному увеличению урожайности данной культуры.

С появлением на рынке агрохимикатов новых комплексных водорастворимых удобрений (содержащих основной комплекс микроэлементов) более низкой стоимостью позволяли получить урожайность перца сладкого до 100 т/га. Это означает снижение затрат на приобретение удобрений, ГСМ, трудозатрат. Кроме того, происходит ослабление нагрузки и падение загрязнения почвы, атмосферы и грунтовых вод, а также наблюдаются уплотнение почв, увеличение урожайности.

Таблица 3 – Средняя масса одного плода, г

Table 3- The average weight of one fruit, g

Вариант / Option	75...75...75% НВ/ 75...75...75% NW			70...80...75% НВ/ 70...80...75% NW		
	Подарок Молдовы/ Gift of Mol- dova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁	Подарок Молдовы/ Gift of Moldova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁
Контроль / Control	131,1	164,2	171,7	134,7	168,2	169,6
Энергия-М / Energy-M	124,1	157,5	160,9	127,4	160,8	163,0
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀	134,6	166,5	169,3	144,4	167,4	169,5
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀	145,3	175,2	175,8	158,2	179,1	178,8
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ / N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅	142,6	170,3	170,2	151,6	174,4	173,0
Растворин / Rastvorin	140,2	172,4	180,2	141,6	179,7	177,5
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin	137,8	166,4	170,4	144,2	171,5	167,6
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin	151,0	180,6	181,3	156,9	183,7	183,1
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin	147,4	177,6	179,7	154,0	182,3	180,8
Растворин+Энергия-М/ Rastvorin + Energy-M	142,0	177,8	178,0	143,6	178,0	179,1
N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin + Energy-M	139,2	170,5	171,3	144,1	172,0	174,0
N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin + Energy-M	148,8	185,1	187,4	154,8	189,3	188,5
N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин+Энергия-М/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin + Energy-M	148,7	187,9	189,6	153,3	191,3	193,4

Таблица 4 – Эффективность исследуемых технологических приемов в посевах перца сладкого, среднее за 2011...2016 гг.

Table 4 – the Efficiency of the studied technological methods in the crops of sweet pepper, the average for 2011 ... 2016

Показатель	Вариант / Option	75...75...75% НВ/ 75...75...75% NW			70...80...75% НВ/ 70...80...75% NW		
		Подарок Молдовы/ Gift of Moldova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁	Подарок Молдовы/ Gift of Moldova	Пафос F ₁ / Paphos F ₁	Помпео F ₁ / Pompeo F ₁
Товарность плодов, %/ Marketability of fruits, %	Контроль / Control	85,1	85,9	87,0	86,5	87,5	88,6
	Энергия-М / Energy-M	87,4	88,4	89,2	88,8	89,8	90,7
	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀	89,3	90,1	90,9	90,5	91,4	92,4
	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀	90,0	90,8	91,6	91,3	92,1	92,9
	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ / N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅	90,6	91,5	92,2	91,9	92,6	93,4
	Растворин / Rastvorin	87,7	88,8	89,7	89,2	90,1	91,2
	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин / N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin	90,2	91,0	91,7	91,1	92,3	93,1
	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин / N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin	90,9	91,7	92,4	91,7	93,0	93,7
	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin	91,5	92,3	93,0	92,2	93,6	94,4
	Растворин+Энергия-М/ Rastvorin + Energy-M	89,5	90,5	91,2	90,9	91,7	92,5
	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ + Rastvorin + Energy-M	90,9	91,9	92,5	91,9	92,9	93,7
	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин+Энергия-М/ N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ + Rastvorin + Energy-M	91,6	92,5	93,1	92,5	93,6	94,2
	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин+Энергия-М/ N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ + Rastvorin + Energy-M	92,3	93,2	93,7	93,1	94,2	94,9
НСР 05 АВС(2011) 0,87 НСР 05 АВС(2013) 0,95 НСР 05 АВС(2015) 1,03							
НСР 05 АВС(2012) 0,98 НСР 05 АВС(2014) 0,89 НСР 05 АВС(2016) 1,02							

Изучаемые сортаобразцы показали себя как наиболее приспособленные к условиям внешней среды с повышенным запасом тепла в районе произрастания. В контексте создания оптимальных систем водоснабжения и питания они были наиболее чувствительны к элементам технологии земледелия. Таким образом, внедрение ресурсосберегающих технологий позволило объединить основные факторы, влияющие на урожай, и получить запланированный урожай сладкого перца (рисунок 3).

Предлагаемая комбинация факторов урожайности позволяет сэкономить водные ресурсы и частично заменить минеральные удобрения на более выгодные водорастворимые удобрения. Помимо ресурсосбережения, проведенная работа основывалась на поддержании плодородия почвы. Поэтому при изучении эффективности и благоприятного влияния минеральных удобрений на питательный режим почвы в экспериментальной зоне в условиях орошения отмечали, что нитратный, азотный и калиевый обмен снижался по всем вариантам опыта. Независимо от используемого режима увлажнения во всех исследуемых вариантах содержание аммиачного азота и доступного фосфора увеличивалось после сбора плодов сладкого перца. Под влиянием вносимых изучаемых комплексных питательных веществ значительно улучшалось состояние почвы в посевах.

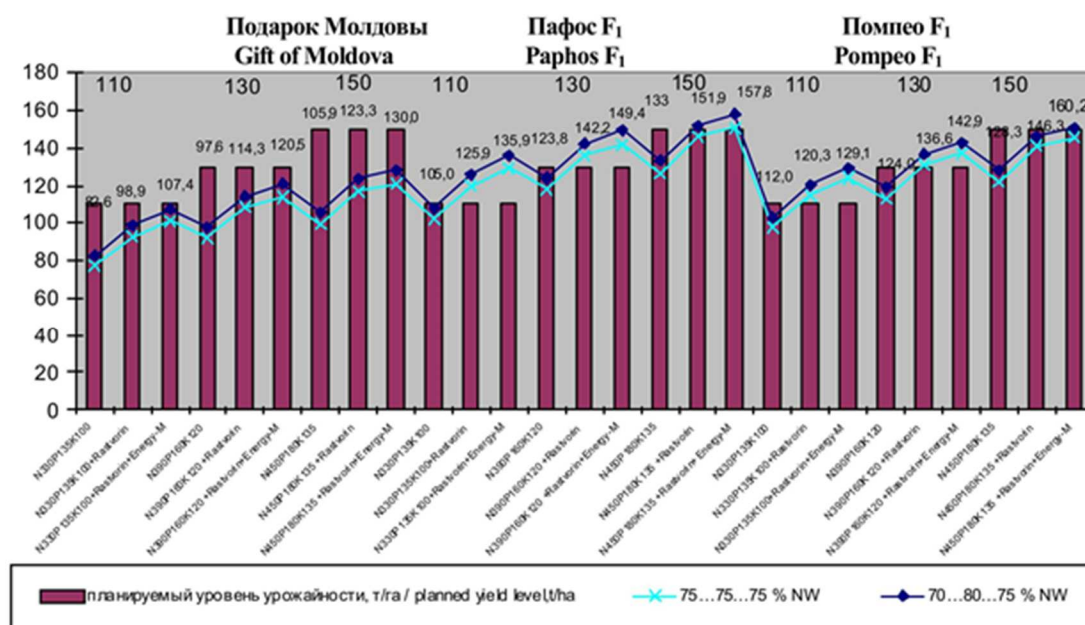


Рисунок 3 – Сочетание факторов для формирования запланированной урожайности перца сладкого

Figure 3 - Combination of factors for the formation of the planned yield of sweet pepper

Оптимизация водного режима и условий питания при получении гарантированной урожайности способствовала положительному влиянию на изменения биохимического состава плодов сладкого перца, сохраняя при этом видовые характеристики сортов и гибридов. Анализ данных показывал, что ирригация и использование минеральных удобрений, Растворина и регулятора роста Энергия-М в определенной степени влияли на содержание сухого вещества, витамина С и сырой клетчатки, а также на другие биохимические показатели. В соответствии с поливными режимами, максимальное содержание сухого вещества отмечалось в варианте $N_{300}P_{180}K_{165} + \text{Растворин} + \text{Энергия-М}$ на гибриде Помпео F_1 – 8,0 и 8,1 %, соответственно. Содержание витамина С, клетчатки и сахара, увеличивалось с улучшением условий питания и влагообеспеченности сладкого перца. Об этом свидетельствуют данные, полученные на гибриде Помпео F_1 , где было зарегистрировано наибольшее значение этих качественных характеристик. При оценке качества по такому показателю, как содержание нитратов в плодах перца сладкого, в наших опытах согласно СанПиН 42-123-4619 - 30 мая 1988-88 не превышало ПДК (до 200 мг/кг) и находилось в пределах до 147 мг/кг.

Высокий экономический эффект был получен от предложенных нами приемов производства в условиях Нижнего Поволжья на гибриде сладкого перца Помпео F_1 ($N_{300}P_{180}K_{165} + \text{Растворин} + \text{Энергия-М}$) при дифференциации поливного режима (окупаемость производственных затрат – 6,8 руб.).

Выводы. Для получения качественного и устойчивого производства сладкого перца в условиях нестабильного увлажнения в Нижнем Поволжье в подзоне светлосветлых почв необходимо использовать дифференцированные режимы полива по вегетации для среднеспелого высокоурожайного гибрида сладкого перца Помпео F_1 – фаза «всходы – цветение» – 70 % НВ, фаза «цветение – плодообразование» – 80 % НВ, в фазу плодообразования до последней уборки – 75 % НВ при внесении расчетных доз НРК на планируемую урожайность 90 т/га в комплексе с препаратами Растворин и Энергией-М.

Библиографический список

1. Байрамбеков Ш. Б., Киселева Н. Н. Технология получения раннего урожая перца сладкого в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2016. №4. С. 23-24.
2. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Адаптивная технология возделывания перца сладкого на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 9 (155). С. 9-14.
3. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Повышение продуктивности перца сладкого при обработке регуляторами роста в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3. С. 56-64.
4. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Шуваев М. М. Факторы высокой урожайности сладкого перца // Картофель и овощи. 2015. № 8. С. 21-23.
5. Овчинников А. С. Проблемы сохранения природно-ресурсного и экологического потенциалов в целях надежного функционирования АПК Нижнего Поволжья // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, 2017. С. 3-16.
6. Повышение урожайности томатов, перца сладкого и баклажанов при капельном орошении за счет регулирования минерального питания / А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма, Н. А. Щербакова, Н. И. Кудряшова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. №3 (28). С. 11-17.
7. Постников А. Н., Хаустов В. А. Об изменении температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России под влиянием изменений климата // Евразийское Научное Объединение. 2019. № 1-7 (47). С. 420-424.
8. Gettys L. A., Haller W. T. Effect of Herbicide-Treated Irrigation Water on Four Vegetables // Weed Technology. 2012. Vol. 26. № 2. Pp. 272-278.
9. Environmental impact assessment of the main vegetable production systems of the East Azerbaijan Province of Iran / A. Mohammadzade, J. Wafabakhsh, A. Mahdavi Damgani, R. Deykhimfard // Archives of agronomy and soil science. 2017. Vol. 64. №7. Pp. 967-982.
10. Mehdiyeva V., Khalilov I. Ecological and economic aspects of the use of natural resource potential in sustainable development of the republic of Azerbaijan / // Socio Economic Problems of Sustainable Development: 37th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Baku, Azerbaijan, 2019. P. 14-15.
11. Okumah M., Chapman P. J., Martin-Ortega J. Mitigating Agricultural Diffuse Pollution: Uncovering the Evidence Base of the Awareness-Behaviour-Water Quality Pathway // Water. 2019. Vol. 11 (1). № 29.

Conclusions. To obtain high-quality and sustainable production of sweet pepper in conditions of unstable moisture in the Lower Volga region in the subzone of light chestnut soils, it is necessary to use differentiated irrigation regimes for vegetation for the mid-season high-yielding hybrid of sweet pepper Pompeo F₁ - seedling-flowering phase – 70 % NW, flowering-fruitlet phase – 80 % NW, in the fruiting phase until the last harvest – 75 % NW, when applying the estimated doses of NPK for the planned yield of 90 t/ha in combination with the solutions of Rastrin and Energy-M.

References

1. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Adaptive technology of cultivation of sweet pepper on light chestnut soils of the Volgograd region // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2017. №. 9 (155). P. 9-14.
2. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Increasing the productivity of sweet pepper when processed by growth regulators in the Volgograd region // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. №. 3. P. 56-64.
3. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Shuvaev M. M. High yield factors for sweet pepper // Potatoes and vegetables. 2015. №. 8. P. 21-23.

4. Ovchinnikov A. S. Problems of conservation of natural resource and environmental potentials for the reliable functioning of the agricultural sector of the Lower Volga // Ecological and meliorative aspects of rational nature management. Materials of the International scientific-practical conference. 2017. P. 3-16.

5. Increasing the productivity of tomatoes, sweet peppers and eggplant with drip irrigation due to the regulation of mineral nutrition / A. F. Tumanyan, N. V. Tyutyuma, N. A. Scherbakova, N. I. Kudryashova // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2016. №3 (28). P. 11-17.

6. Postnikov A. N., Khaustov V. A. On changes in air temperature and precipitation in Russia under the influence of climate change // Eurasian Scientific Association. 2019. № 1-7 (47). P. 420-424.

7. Gettys L. A., Haller W. T. Effect of Herbicide-Treated Irrigation Water on Four Vegetables // Weed Technology. 2012. Vol. 26. № 2. Pp. 272-278.

8. Environmental impact assessment of the main vegetable production systems of the East Azerbaijan Province of Iran / A. Mohammadzade, J. Wafabakhsh, A. Mahdavi Damgani, R. Deykhimfard // Archives of agronomy and soil science. 2017. Vol. 64. №7. Pp. 967-982.

9. Mehdiyeva V., Khalilov I. Ekological and economic aspects of the use of natural resource potential in sustainable development of the republic of Azerbaijan // Socio Economic Problems of Sustainable Development: 37th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Baku, Azerbaijan, 2019. P. 14-15.

10. Okumah M., Chapman P. J., Martin-Ortega J. Mitigating Agricultural Diffuse Pollution: Uncovering the Evidence Base of the Awareness-Behaviour-Water Quality Pathway // Water. 2019. Vol. 11 (1). № 29.

Authors Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Researcher, Department of Irrigation Reclamation, Laboratory for Modeling Irrigation Technologies, Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture", 400002, Russian Federation, Volgograd, ul. them. Timiryazev, 9; e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Petrov Nikolay Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Food", Federal State Budgetary Educational Institution Volgograd State Agrarian University, 400002, Russian Federation, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26; e-mail: npetrov60@list.ru

Kalmykova Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair "Technology for Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Federal State Budgetary Educational Institution Volgograd State Agrarian University, 400002, Russian Federation, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26; e-mail: lelya.kalm.90@mail.ru

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, отдел оросительных мелиораций, лаборатория моделирования технологий орошения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9. E-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, 26. E-mail: npetrov60@list.ru

Калмыкова Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, 26. E-mail: lelya.kalm.90@mail.ru

INFLUENCE OF AGRICULTURAL INSTRUMENTS ON HARVEST STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF BEAN-NEMATICA MIXTURE IN THE SUBZONE OF LIGHT-CHESTAN SOILS OF THE ASTRAKHAN REGION

N. I. Kudryashova, G. K. Bulakhtina, A. A. Hyupinin

Federal State Budget Scientific Institution

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,
Astrakhan Region, Russia*

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article discusses the influence of the depth of the tape under the subsoil drip irrigation and methods of sowing the productivity and yield structure of perennial grass mixtures in light chestnut soils of the north of the Astrakhan region. As a result of the studies, it was found that the climatic conditions of the Astrakhan region allow the cultivation of perennial fodder mixtures with high yields when using subsoil drip irrigation with different tape laying depths (0.15, 0.25, 0.35 and 0.45 m). The most productive turned out to be the scatter method of sowing.

Abstract

Introduction. Successful development of the livestock industry is impossible without a stable forage base. The main raw materials for hay production are perennial grasses and grass mixtures, since they give the cheapest feed even at high prices for fuels and lubricants, fertilizers, plant protection products and energy. To solve the problem of the lack of high-grade feed for livestock farms in the Northern Precaspian region, it is necessary to develop improved technological methods for cultivating perennial grasses and grass mixtures that increase productivity and improve their nutritional value. Therefore, this area of research is relevant. **Objects.** The objects of study were fodder grass mixtures, methods of sowing and various methods of irrigation. **Materials and methods.** For research, the methods of the All-Russian Research Institute of Feed, Beideman I.N., Dospekhov B.A. **Results and conclusions.** The climatic conditions of the Astrakhan region allow the cultivation of perennial fodder mixtures with high yields when using subsoil drip irrigation with different tape laying depths (0.15, 0.25, 0.35 and 0.45 m). The most productive turned out to be the scatter method of sowing. In 2018, the maximum values of the green mass yield, over 100.0 t / ha, were recorded at all studied variants of the tape embedment depth. The highest yield was recorded on the test variant with a tape laying depth of 0.45 m and amounted to 114.8 t / ha. The maximum yield in 2019 was recorded on the option "ordinary + 0.15 m" m and amounted to 101.6 t/ha. The yield of green mass of the grass mixture in the experimental variants with the ordinary method of sowing was lower than when using the spread method of sowing, on average for 2 years by 34.0%. Structural analysis of the composition of the grass mixture shows that in 2018, on the test variants with tape laying depths of 0.35 and 0.45 m for all sowing methods, cereals were absent in the crop. In 2019, the amount of the bean component in the experiment variants with the ordinary sowing method on average for the variants with different depths of laying the tape decreased by 12.2%, and for variants with the spread method of sowing by 15.9%. The number of cereals, on the other hand, increased by ordinary and scattered methods of sowing by an average of 22.0 and 24.5%, respectively.

Key words: subsoil drip irrigation, tape laying depth, legumes, bluegrass.

Citation. Kudryashova N. I., Bulakhtina G. K., Hyupinin A. A. The influence of agricultural practices on the structure of the crop and the yield of legume-bluegrass mixtures in light chestnut soils of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 146-153 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-14.

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 interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.2:631.445.51(470.46)

ВЛИЯНИЕ АГРОПРИЕМОВ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-МЯТЛИКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ В ПОДЗОНЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук

А. А. Хюпинин, младший научный сотрудник

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
Астраханская область, Россия*

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Успешное развитие животноводческой отрасли невозможно без стабильной кормовой базы. Основным сырьем для производства сена остаются многолетние травы и травосмеси, так как они дают наиболее дешевые корма даже при высоких ценах на ГСМ, удобрения, средства химической защиты растений и энергоресурсы. Для решения проблемы нехватки полноценных кормов для животноводческих хозяйств Северного Прикаспия необходима разработка улучшенных технологических приемов возделывания многолетних трав и травосмесей, повышающих продуктивность и улучшающих их питательную ценность. Поэтому данное направление исследований является актуальным. **Объект.** Объектами исследования являлись кормовая травосмесь, способы посева и различные способы орошения. **Материалы и методы.** Для проведения исследований были использованы методики ВНИИ кормов, Бейдемана И. Н., Доспехова Б. А. **Результаты и выводы.** Климатические условия Астраханской области позволяют выращивать многолетние кормовые травосмеси с высокими показателями урожайности при использовании подпочвенного капельного орошения с различной глубиной закладки ленты (0,15, 0,25, 0,35 и 0,45 м). Самым урожайным оказался разбросной способ посева. В 2018 г. на всех изучаемых вариантах глубины заделки ленты были зафиксированы максимальные значения урожайности зеленой массы – свыше 100,0 т/га. Самая высокая урожайность была зафиксирована на варианте опыта с глубиной закладки ленты 0,45 м и составила 114,8 т/га. Максимальное значение урожайности в 2019 году было зафиксировано на варианте «рядовой + 0,15 м» м и составило 101,6 т/га. Урожайность зеленой массы травосмеси на вариантах опыта с рядовым способом посева была ниже, чем при использовании разбросного способа посева, в среднем за 2 года на 34,0 %. Структурный анализ состава травосмеси показывает, что в 2018 году на вариантах опыта с глубиной закладки ленты 0,35 и 0,45 м при всех способах посева злаковые в урожае отсутствовали. В 2019 году количество бобового компонента на вариантах опыта с рядовым способом посева в среднем по вариантам с различной глубиной закладки ленты уменьшилось на 12,2 %, а на вариантах с разбросным способом посева на 15,9 %. Количество злаковых же увеличилось на рядовом и разбросном способах посева в среднем на 22,0 и 24,5 %, соответственно.

Ключевые слова: подпочвенное капельное орошение, глубина закладки ленты, бобово-мятликовые травосмеси, урожайность бобово-мятликовых травосмесей, орошение бобово-мятликовых травосмесей.

Цитирование. Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К., Хюпинин А. А. Влияние агроприемов на структуру урожая и урожайность бобово-мятликовой травосмеси в условиях светло-каштановых почв Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 146-153. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-14.

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. Успешное развитие животноводческой отрасли невозможно без стабильной кормовой базы. Своеобразным индикатором для развития животноводства в Российской Федерации является численность поголовья крупного рогатого скота. На

сегодняшний день оно снизилось до критического уровня. Для увеличения поголовья необходимо увеличение производства кормов, а также значительное улучшение их качества. В общей структуре затрат на производство продуктов животноводства доля затрат на производство высококачественных кормов достигает 60 % [4, 7].

Основным сырьем для производства сена остаются многолетние травы и травосмеси, так как они дают наиболее дешевые корма даже при высоких ценах на ГСМ, удобрения, средства химической защиты растений и энергоресурсы. Положительный эффект перспективных практических разработок в луговодстве и кормопроизводстве более чем на 90 % достигается за счет использования природных возобновляемых ресурсов [1, 5, 6, 9, 14].

Бобовые растения обладают специфическими особенностями. Они могут при помощи симбиоза с клубеньковыми бактериями ассимилировать молекулярный азот воздуха, что, в свою очередь, дает возможность получать более высокую продуктивность. Ризобиальный азот также повышает содержание белка в продукции, что улучшает ее качество. В засушливом климате межвидовая конкуренция значительно обостряется по сравнению с условиями стабильного увлажнения [3, 8, 10, 11, 12, 15]. Поэтому получить высокие урожаи бобовых трав в условиях Астраханской области возможно получить только на орошении. В нашем регионе в последнее время значительно расширились площади под капельным орошением. Оно хорошо зарекомендовало себя при выращивании картофеля и овощных культур [13]. В 2016 году учеными ФГБНУ «ПНИИАЗ» был заложен опыт по выращиванию многолетних трав на капельном орошении и были получены высокие урожаи зеленой массы – до 210 т/га за 4 укоса [3]. Но применение капельных лент при выращивании многолетних трав имеет один большой недостаток – невозможность механической уборки трав. Поэтому в 2017 в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» был заложен опыт по подпочвенному капельному орошению – капельная трубка была уложена под землей на глубину 0,15, 0,25, 0,35 и 0,45 м, соответственно. Были проведены экспериментальные исследования с целью изучения влияния способа посева и глубины залегания капельной ленты на продуктивность и качество четырехкомпонентной многолетней бобово-злаковой травосмеси. Среди прочих в эксперименте была поставлена задача оценить степень взаимосвязи между содержанием бобовых и злаковых трав в урожайной массе и продуктивностью многолетней травосмеси.

Для решения проблемы нехватки полноценных кормов для животноводческих хозяйств Северного Прикаспия необходима разработка улучшенных технологических приемов возделывания многолетних трав и травосмесей, повышающих продуктивность и улучшающих их питательную ценность. Поэтому данное направление исследований является актуальным.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись кормовая травосмесь, способы посева и различные способы орошения. В наших исследованиях применялись общепринятые методы и методики: фенологические исследования по методике изучения фенологии растений и растительных сообществ Бейдемана И. Н., агротехнические мероприятия – по «Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов», определение влажности почвы и статистическая обработка экспериментальных данных – методом дисперсионного анализа по «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова.

Опыт был заложен в 2017 году на опытном участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», который находится 2,5 км западнее села Солёное Займище. Почвенный покров участка представлен светло-каштановыми солонцеватыми почвами. Почва слабосолонцеватая, содержание гумуса в пахотном слое почвы (по Тюрину) – 1,1 %, pH 6,7-7,2. Обеспеченность подвижными формами азота – средняя (44,7 мг/кг), фосфора – средняя (70 мг/кг),

калия – высокая (362 мг/кг). Климат района исследований резко континентальный, острозасушливый, изменчивый. Орошение опытного участка осуществлялось при помощи системы капельного орошения. Подача оросительной воды производилась из естественного источника – затона р. Волги. На опытном участке поддерживался режим полива 75 % НВ. Водопотребление изучаемой травосмеси в годы исследований составило в среднем 4177 м³/га. Укосы травосмеси проводились при достижении 75 % растений фазы «цветение» и средней высоты растений 0,6-0,65 м.

Двухфакторный полевой опыт закладывался методом расщепленных делянок:

- делянки первого порядка – фактор А – способ орошения (глубина закладки ленты капельного орошения в почву 0,15 м; 0,25 м; 0,35 м; 0,45 м);
- делянки второго порядка – фактор В – способы посева (широкорядный (ширина междурядий 60 см), разбросной).

Повторность опыта – трехкратная. Общая площадь под опытом – 569,0 м². Объектами исследований являются кормовая травосмесь (Житняк ширококолось, Клевер луговой, Люцерна посевная, Овсяница луговая; 25 : 25 : 25 : 25, масса высеванных семян: житняк 1,5 кг/га, клевер луговой 2 кг/га, овсяница луговая 2 кг/га, люцерна 5 кг/га, и различные способы посева и орошения.

Результаты и обсуждение. В 2017 году, в первый год жизни трав, был проведен один санитарный укос в III декаде августа. Для определения урожайности в 2018 и 2019 гг. было проведено по 4 укоса. Последующее использование – осеннее пастбище при оптимальной животноводческой нагрузке (2 га на 1 условную голову овец). В таблице 1 представлены данные по урожайности травосмеси и соотношению бобового и злакового компонентов в ее структуре.

Таблица 1 – Урожайность и структура урожая травосмеси, ФГБНУ «ПАНЦРАН», 2018- 2019 гг.

Table 1 – Yield and structure of the crop mixtures, Federal State Budgetary Scientific Institution «PASF RAS», 2018-2019

Глубина закладки ленты, м / Depth of laying the tape, m	Способ посева / Sowing method	Общий урожай зеленой массы травосмеси за год, т/га / The total yield of green mass of grass mixtures for the year, t / ha		В том числе по составляющим компонентам, % / Including component components, %			
				Бобовые / Legumes		Мятликовые / Bluegrass	
		2018 г	2019 г	2018 г	2019 г	2018 г	2019 г
0,15	рядовой / ordinary	66,1	30,9	85,0	71,8	15,0	28,2
	разбросной / spread	108,5	101,6	71,0	93,9	29,0	6,1
0,25	рядовой / ordinary	45,5	30,8	71,0	84,2	29,0	15,8
	разбросной / spread	103,4	80,0	88,0	83,9	12,0	16,1
0,35	рядовой / ordinary	76,7	41,0	100,0	94,8	0,0	5,2
	разбросной / spread	109,8	78,0	100,0	56,2	0,0	43,8
0,45	рядовой / ordinary	78,0	47,7	100,0	61,4	0,0	38,6
	разбросной / spread	114,8	76,2	100,0	67,9	0,0	32,1

Из данных таблицы 1 видно, что урожайность зеленой массы травосмеси имеет максимальные значения на вариантах опыта с разбросным способом посева. Так, в 2018 году, на втором году жизни трав на всех изучаемых вариантах глубины заделки ленты отмечены высокие значения урожайности зеленой массы – свыше 100,0 т/га. Самая высокая же урожайность была зафиксирована на варианте опыта с глубиной закладки ленты 0,45 м и составила 114,8 т/га. В среднем же, урожайность на вариантах с разбросным способом посева превысила тот же показатель на вариантах с рядовым способом посева на 39,0 %. В 2019 году (на третий год жизни трав) урожайность зеленой массы также была выше на вариантах опыта с разбросным способом посева, но все же она была ниже, чем в 2018 году – в среднем по вариантам она снизилась на 23,0 %. Максимальное значение было зафиксировано на варианте с глубиной закладки ленты 0,15 м и составило 101,6 т/га. Урожайность зеленой массы травосмеси на вариантах опыта с рядовым способом посева была ниже, чем при использовании разбросного способа посева, в среднем на 44,8 %.

Анализируя полученные данные по структуре урожая можно сделать вывод, что в 2018 году на вариантах с глубиной закладки ленты 0,15 и 0,25 м, вне зависимости от способа посева, количество трав семейства мятликовые в общем составе урожая не превышает 29,0 %. При глубине закладки ленты 0,35 и 0,45 м при всех способах посева мятликовые в урожае отсутствовали. На вариантах опыта с глубиной закладки ленты 0,35 и 0,45 м бобовые вытеснили из состава травосмеси все мятликовые.

В 2019 году количество бобового компонента на вариантах опыта с рядовым способом посева в среднем по вариантам с различной глубиной закладки ленты уменьшилось на 12,2 %, а на вариантах с разбросным способом посева на 15,9 %. Количество злаковых же увеличилось на рядовом и разбросном способах посева в среднем на 22,0 и 24,5 %, соответственно. Максимальное количество бобовых в 2019 году было отмечено на вариантах опыта «рядовой + 0,15 м» и «рядовой + 0,35 м» и составило 93,9 и 94,8 %, соответственно.

Выводы. Обобщая все изложенные выше данные, по результатам исследований, можно сделать вывод, что климатические условия Астраханской области позволяют выращивать многолетние кормовые травосмеси с высокими показателями урожайности при использовании подпочвенного капельного орошения с различной глубиной закладки ленты (0,15, 0,25, 0,35 и 0,45 м). Самым урожайным оказался разбросной способ посева. В 2018 г. на всех изучаемых вариантах глубины заделки ленты были зафиксированы максимальные значения урожайности зеленой массы – свыше 100,0 т/га. Самая же высокая урожайность была зафиксирована на варианте опыта с глубиной закладки ленты 0,45 м и составила 114,8 т/га. Максимальное значение урожайности в 2019 году было зафиксировано на варианте «рядовой + 0,15 м» м и составило 101,6 т/га. Урожайность зеленой массы травосмеси на вариантах опыта с рядовым способом посева была ниже, чем при использовании разбросного способа посева, в среднем за 2 года на 34,0 %. Структурный анализ состава травосмеси показывает, что в 2018 году на вариантах опыта с глубиной закладки ленты 0,35 и 0,45 м при всех способах посева злаковые в урожае отсутствовали. В 2019 году количество бобового компонента на вариантах опыта с рядовым способом посева в среднем по вариантам с различной глубиной закладки ленты уменьшилось на 12,2 %, а на вариантах с разбросным способом посева – на 15,9 %. Количество злаковых же увеличилось на рядовом и разбросном способах посева в среднем на 22,0 и 24,5 %, соответственно. Возделывание многолетних кормовых травосмесей актуально для фермерских хозяйств животноводческого направления Астраханской области, поэтому исследования по разработке технологических приемов их возделывания в дальнейшем будут продолжены.

Библиографический список

1. Байкалова Л., Салагашев И. Оптимизация структуры травосмесей многолетних злаково-бобовых трав среднесрочного сенокосного использования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015 г. №3. С. 54-56.
2. Бобылев В. С. Факторы, влияющие на подбор компонентов травосмеси многолетних трав // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 9. С. 41-42.
3. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В. Влияние различных способов посева и орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». 2019. Т. 14. № 2. С. 123-132.
4. Владимирова В. В. Создание укосных травостоев с люцерной изменчивой в чистом виде и в смеси со злаками в условиях Ленинградской области // Известия СПбГАУ. 2019. №3 (56). С. 19-24.
5. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №2(42). С. 63-71.
6. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Научные результаты исследований по многолетним травам // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №3(47). С. 46-56.
7. Дьяченко О. В., Дронов А. В., Слёзко Е. И. Возделывание многолетних травосмесей как способ эффективного обеспечения кормопроизводства Брянской области // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2016. №6 (58). С. 29-33.
8. Зарьянова З. А., Осин А. А., Кирюхин С. В. Кормовая продуктивность и долголетие отдельных видов многолетних трав и травосмесей в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. №1(9). С. 72-79.
9. Иванов В. М., Устищенко А. Н. Трехкомпонентные многолетние травосмеси на склоновых светло-каштановых почвах и их влияние на образование гумуса // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №3(35). С. 50-55.
10. Измestьев В. М., Свечников А. К., Соколов Е. А. Влияние многолетних бобово-злаковых трав на продуктивность кормовых севооборотов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. №3 (11). С. 28-31.
11. Крамаренко М. В. Влияние динамики содержания бобовых трав в урожайной массе на продуктивность многолетних бобово-злаковых травосмесей длительного использования // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. №3(53). С. 61-62.
12. Степанов А. Ф., Александрова С. Н., Храмов С. Ю. Азотфиксирующая способность и урожайность многолетних бобовых трав в подтаежной зоне Западной Сибири // Вестник ОмГАУ. 2019. №1 (33). С. 46-52.
13. Урожайность картофеля при различных способах орошения в почвенно-климатических условиях аридной зоны Прикаспия / Н. В. Тютюма, А. Ф. Туманян, Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова // Таврический вестник аграрной науки. 2017. №3 (11). С. 116-123.
14. Bohle H., Wagner E. Ertrag und Qualitat von Klee gras bei variierter Herbstund Frjahrsaat ver verschiedener Mischungen // Wirtschaftseigene Futter. 2017. № 3. P. 102 - 121.
15. Malmberg C., Smith H. Relationship between plant weight and density in mixed populations of Medicago sativa and Trifolium platens // Oikos. 2012. № 5. P. 365-368.

Conclusions. Summarizing all the above data on the results of studies, we can conclude that the climatic conditions of the Astrakhan region allow the cultivation of perennial fodder mixtures with high yields when using subsoil drip irrigation with different tape laying depths (0.15, 0.25, 0.35 and 0, 45 m). The most productive turned out to be the scatter method of sowing. In 2018, the maximum values of the green mass yield, over 100.0 t / ha, were recorded at all studied variants of the tape embedment depth. The highest yield was recorded on the test variant with a tape laying depth of 0.45 m and amounted to 114.8 t / ha. The maximum yield in 2019 was recorded on the option "ordinary + 0.15 m" m and amounted to 101.6 t / ha. The yield of green mass of the grass mixture in the experimental variants with the ordi-

nary method of sowing was lower than when using the spread method of sowing, on average for 2 years by 34.0%. Structural analysis of the composition of the grass mixture shows that in 2018, on the test variants with tape laying depths of 0.35 and 0.45 m for all sowing methods, cereals were absent in the crop. In 2019, the amount of the bean component in the experiment variants with the ordinary sowing method on average for the variants with different depths of laying the tape decreased by 12.2%, and for variants with the spread method of sowing by 15.9%. The number of cereals, on the other hand, increased by ordinary and scattered methods of sowing by an average of 22.0 and 24.5%, respectively. The cultivation of perennial feed grass mixtures is relevant for livestock farms in the Astrakhan region, therefore, research on the development of technological methods for their cultivation will continue in the future.

Reference

1. Baykalova L., Salagashev I. Optimization of the structure of grass mixtures of perennial cereal and leguminous grasses of medium-term mowing // International Agricultural Journal. 2015. No. 3. P. 54-56.
2. Bobylev V.S. Factors affecting the selection of components of a grass mixture of perennial herbs // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2012, No. 9. P. 41–42.
3. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Kudryashov A. V. The influence of various methods of sowing and irrigation on the productivity of bluegrass-bean grass mixtures with multi-use // Bulletin of the RUDN University. A series of "Agronomy and animal husbandry". 2019. V. 14. No. 2. P. 123-132.
4. Vladimirova V. V. Creation of mowing grass stands with alfalfa in pure form and mixed with cereals in the conditions of the Leningrad region // News of St. Petersburg State University of Economics. 2019. No 3 (56). P. 19-24.
5. Dronova T. N., Burtseva N. I. On the role of perennial herbs in maintaining soil fertility // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2016. No. 2 (42). P. 63-71.
6. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I. Scientific results of research on perennial herbs // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. No. 3 (47). P. 46-56.
7. Dyachenko O. V., Dronov A. V., Slezko E. I. The cultivation of perennial grass mixtures as a way to effectively ensure feed production in the Bryansk region // Vestnik FSEI HPE Bryansk State Agricultural Academy. 2016. No. 6 (58). P. 29-33.
8. Zaryanova Z. A., Osin A. A., Kiryukhin S. V. Fodder productivity and longevity of certain species of perennial herbs and grass mixtures in the conditions of the Oryol region // Legumes and cereals. 2014. No. 1 (9). P. 72-79.
9. Ivanov V. M., Ustimenko A. N. Three-component perennial grass mixtures on sloping light chestnut soils and their effect on the formation of humus // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2014. No. 3 (35). P. 50-55.
10. Izmistiev V. M., Svechnikov A. K., Sokolova E. A. The effect of perennial legume-cereal grasses on the productivity of fodder crop rotation // Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural sciences. Economic sciences". 2017. No. 3 (11). P. 28-31.
11. Kramarenko M. V. The influence of the dynamics of the content of legumes in the crop mass on the productivity of perennial legume-cereal mixtures of long-term use // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2015. No. 3 (53). P. 61-62.
12. Stepanov A. F., Alexandrova S. N., Khramov S. Yu. Nitrogen-fixing ability and productivity of perennial leguminous herbs in the subtaiga zone of Western Siberia // Bulletin of OmGAU. 2019. No. 1 (33). P. 46-52.
13. Potato productivity under various irrigation methods in the soil and climatic conditions of the arid zone of the Precaspian region / N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanyan, N. A. Shcherbakova, A. P. Seliverstova // Taurian Bulletin of Agrarian Science. 2017. No. 3 (11). P. 116-123.
14. Bohle H., Wagner E. Ertrag und Qualitat von Klee gras bei variierter Herbstund Frjahrsaat ver verschiedener Mischungen // Wirtschaftseigene Futter. 2017. № 3. P. 102 - 121.
15. Malmberg C., Smith H. Relationship between plant weight and density in mixed populations of Medicago sativa and Trifolium platens // Oikos. 2012. № 5. P. 365-368.

Authors Information

Kudryashova Natalya Ivanovna, head of the laboratory of grassland, arid and floodplain ecosystems of the Department of rational nature management of the FSBIU "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, house 8) candidate of agricultural sciences, stone79.79@list.ru, tel. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN code 2816-8178.

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Head of the Department of Environmental Management, FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, house 8), candidate of agricultural sciences, gbulaht@mail.ru, tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492.

Hyupinin Andrey Alekseevich, Junior Researcher of the Department of Environmental Management, FSBI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, house 8), an-hupinin_1981@mail.ru, tel. 89275565092, ORCID-0000-0003-4453-308X.

Информация об авторах

Кудряшова Наталья Ивановна, заведующий лабораторией лугопастбищных, аридных и пойменных экосистем отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, stone79.79@list.ru, тел. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN-код 2816-8178.

Булахтина Галина Константиновна, заведующий отделом рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, gbulaht@mail.ru, тел. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN-код 4070-8492.

Хюпинин Андрей Алексеевич, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), an-hupinin_1981@mail.ru, тел. 89275565092, ORCID-0000-0003-4453-308X.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-15

HOMOLOGOUS FORM OF SOFT WHEAT FROM *TRITICUM KIHARAE DOROF. ET MIGUSCH*

B. V. Romanov¹, K. I. Pimonov²

¹ *Federal State Budget Scientific Institution «Rostov Federal Agricultural Scientific Centre»,
Rostov region, Russia*

² *Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University»,
Rostov region, Russia*

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

Summary

The article presents the results of resynthesis of soft wheat from speltoid form as a result of mutagenesis using colchicine. One of the possible ways of origin of *T. aestivum* is shown. Taking into account the different genetic material of the Homologous form, it seems to be quite valuable source material for use in the selection process.

Abstract

Introduction. For the successful development of breeding in Russia, a genetically diverse source material is needed. Reducing genetic diversity is a global problem affecting most cultivated crops, including wheat. In this regard, the creation of a homologous soft wheat form in a representative of the second phylogenetic branch is very attractive. It is obvious that this form, which is phenotypically and, for sure, genotypically, will be close to soft wheat, nevertheless, will retain to some extent the properties of representatives of the second phylogenetic branch. Therefore, the resulting homologue, first, should be easier to cross with soft

wheat. Secondly, because of the different genetic material, we can hope for a greater heterosis effect and, to some extent, inheritance of immune characteristics of representatives of the second phylogenetic branch by such hybrids. Therefore, the resulting genetically different homologous form of soft wheat will be a valuable source material for breeding improvement of *Triticum aestivum* L. Previously obtained under the influence of N-NMU full homologue showed phenomenal both phenotypic and certain genotypic similarity with soft wheat. The purpose of this work is to obtain a homologous soft wheat form from *Triticum kiharae* Dorof. et. Migusch (A^bA^bGGDD) under the influence of a cheaper and more affordable mutagen - colchicine. **Materials and methods.** The work on obtaining the homologue was carried out on the basis of a collection of wheat species available in the Federal Rostov agricultural research center, in the conditions of the Azov zone of the Rostov region. The seeds of the original *T. kiharae* were treated with 0.05% colchicine solution for 12 hours and then, after washing, sown. **Results and discussion.** During the next re-sowing of treated seeds in M_3 , a plant was found that was characterized by a bluish waxy coating, from the seeds of which a homologous form of soft wheat was obtained in the fourth generation. To prove the homologous soft wheat form, it was compared with the original *T. kiharae* and samples of *T. aestivum* in the corresponding phenotypic series, placing them according to the law of homologous series of hereditary variability. There were marked differences between the original *T. kiharae* and received by macromutation according to the structure of the ear, the ears and the shape of grains. So the ear of the homologous form is wider. Its awns diverge, which is a feature of soft wheat. The spikelets are much wider than those of *T. kiharae*, which is due to the large number of grains in them. They are quite similar in shape to soft wheat grains, whereas the original *T. kiharae* have more elongated and not as rounded. In the spikelets of the homologous form, three spines are clearly visible, while the original form has two, and the third is slightly pronounced. The spikelet scales of *T. kiharae* are more rigid than those of the homologue and the latter has a better threshing. At the same time, there is no special doubt about the origin of the alleged homologue from *T. kiharae*, since there are signs characteristic of the original wheat species. The awns are also black, only the tips are slightly lighter than those of *T. kiharae*. In the homologue, the pubescence of the ears is quite clearly expressed and the nervation on the spikelet scales characteristic of *T. kiharae* is well observed. If you divide *T. kiharae* and the resulting soft wheat homologue in the corresponding phenotypic series, according to the law of homologous series, you can clearly see the external similarity of the spelt spelt spiny and non-spiny, as well as their homologue *T. kiharae*, which make up one phenotypic series, and the resulting homologue fits perfectly into the series with samples of soft wheat. If you place *T. kiharae* and obtained from him a homologue of wheat in their respective phenotypic ranges, according to the law of homologous rows, is clearly seen the resemblance of the ears of spelt, bearded and unbearded, and their homolog in *T. kiharae* constituting a single phenotypic number and the homologue fits into a number of samples of soft wheat. In *T. kiharae* and its homologue *T. spelta*, the coefficient of specific productivity (Csp) is close to *T. miguschovae* and significantly less than in soft wheat samples, which serves as additional evidence of its incomplete homology with soft wheat samples. As well as the original, *T. kiharae* A^bA^bGGDD phenotypically corresponded to samples of *T. spelta* L. A^uA^uBBDD , the resulting homologue clearly fit into the series with samples of soft wheat. Moreover, the coefficient of specific productivity (Csp), which characterizes the ratio of the mass of grain from the ear to the vegetative mass of the shoot in the resulting homologous form, clearly corresponded to a similar indicator of soft wheat samples and significantly exceeded that of the original form, which further confirms the fact of creating a homologue of soft wheat. **Conclusions.** Based on the fact of creating a complete homologue of *T. aestivum* from *T. kiharae* under the influence of N-NMU, a homologous form of soft wheat was obtained, but after processing the seeds of the latter with colchicine. The resulting form (homologue) in its phenotype almost corresponds to samples of soft wheat, while retaining some of the characteristic features of the original speltoid species *T. kiharae*. Accordingly, according to its production characteristics, the homologous form is clearly at the level of those of soft wheat. Thus, once again, a kind of resynthesis of soft wheat from the speltoid form is confirmed, that is, one of the possible ways of origin of *T. aestivum* is shown. At the same time, given the different genetic material of the homologous form, it seems to be a fairly valuable source material for selection.

Key words: *Triticum kiharae*, soft wheat, colchicine, homologous form, specific productivity coefficient (Csp).

Citation. Romanov B. V., Pimonov K. I. Homologous to a mild form of wheat *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 153-163 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2020-02-15.

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: 631.527

ГОМОЛОГИЧНАЯ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ ФОРМА ИЗ *TRITICUM KIHARAE DOROF. ET MIGUSCH*

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный Ростовский аграрный научный центр», п. Рассвет, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»,
п. Персиановский, Ростовская область, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. Для успешного развития селекции в России необходим генетически разнообразный исходный материал. Снижение генетического разнообразия – глобальная проблема, касающаяся большинства возделываемых культурных растений включая и пшеницу. В этой связи создание гомологичной мягкой пшенице формы у представителя второй филогенетической ветви является весьма привлекательным. Очевидно, что такая форма, которая фенотипически и, наверняка, генотипически, будет приближена к мягкой пшенице, тем не менее сохранит в какой-то степени свойства представителей второй филогенетической ветви. Следовательно, полученный гомолог, во-первых, должен легче скрещиваться с мягкой пшеницей. Во-вторых, из-за отличающегося генетического материала, можно надеяться на больший гетерозисный эффект и, в какой-то степени, на наследование такими гибридами иммунных характеристик представителей второй филогенетической ветви. Поэтому полученная генетически отличающаяся гомологичная мягкая пшенице форма будет являться ценным исходным материалом для селекционного улучшения *Triticum aestivum* L. Ранее полученный под воздействием N-НММ полный гомолог проявил феноменальное как фенотипическое, так и определенное генотипическое сходство с мягкой пшеницей. **Цель** настоящей работы – получение гомологичной мягкой пшенице формы из *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch. (A^bA^bGGDD) под воздействием более дешевого и доступного мутагена – колхицина. **Материалы и методы.** Работа по получению гомолога проводилась на базе коллекции видов пшеницы, имеющейся в Федеральном Ростовском аграрном научном центре, в условиях приазовской зоны Ростовской области. Семена исходного *T. kiharae* обработали 0,05 % раствором колхицина, в экспозиции 12 часов и, затем, после промывки, высели. **Результаты и обсуждение.** При очередном пересеве обработанных семян в М₃ было обнаружено растение, отличающееся сизым восковым налетом, из семян которого в четвертом поколении была получена гомологичная мягкая пшенице форма. Для доказательства получения гомологичной мягкой пшенице формы её сравнивали с исходным *T. kiharae* и образцами *T. aestivum* в соответствующих фенотипических рядах, расположив их согласно закону гомологических рядов наследственной изменчивости. Были отмечены различия между исходным *T. kiharae* и полученным макромутантом по строению колоса, колоскам и форме зерновок. Так, колос у гомологичной формы более широкий. Ости у него расходятся, что является особенностью мягкой пшеницы. Колоски намного шире, чем у *T. kiharae*, что связано с большим количеством зерновок в них. Они по форме вполне похожи на зерновки мягкой пшеницы, тогда как у исходной *T. kiharae* они более вытянутые и не такие округлые. В колосках гомологичной формы отчетливо просматриваются три ости, тогда как у исходной формы две, а третья слегка выражена. Колосковые чешуйки у *T. kiharae* более жесткие, чем у гомолога и у последнего лучший обмолот. В то же время особых сомнений в происхождении предполагаемого гомолога именно из *T. kiharae*

нет, так как присутствуют характерные для исходного вида пшеницы признаки. Ости у него также черные, только кончики несколько светлее, чем у *T.kiharae*. У гомолога достаточно отчетливо выражено опушение колосьев и хорошо просматривается нервация на колосковых чешуйках, характерные для *T.kiharae*. Если расположить *T.kiharae* и полученный из него гомолог мягкой пшеницы в соответствующих фенотипических рядах, согласно закону гомологических рядов, четко просматривается внешнее сходство колосьев спелты остистой и безостой, а также их гомолога *T.kiharae*, составляющих один фенотипический ряд, а полученный гомолог вполне вписывается в ряд с образцами мягкой пшеницы. То есть *T.kiharae*, являющийся гомологом *T.spelta*, фенотипически близок к последней, также как и полученный гомолог – к представителям мягкой пшеницы. У *T.kiharae* и его гомолога *T.spelta* коэффициент удельной продуктивности (Куп) близок к *T.miguschovae* и существенно меньше, чем у образцов мягкой пшеницы, что служит дополнительным доказательством о его неполной гомологии с образцами мягкой пшеницы. Также как исходный, *T.kiharae* A^bA^bGGDD фенотипически соответствовал образцам *T.spelta* L. A^aA^aBBDD, полученный гомолог четко вписывался в ряд с образцами мягкой пшеницы. Более того, коэффициент удельной продуктивности (Куп), характеризующий соотношение массы зерна с колоса к вегетативной массе побега у полученной гомологичной формы, четко соответствовал аналогичному показателю образцов мягкой пшеницы и существенно превосходил таковой исходной формы, что дополнительно подтверждает факт создания гомолога мягкой пшеницы. **Выводы.** Опираясь на факт создания полного гомолога *T.aestivum* из *T.kiharae* под воздействием N-HMM, получили гомологичную мягкой пшенице форму, но уже после обработки семян последнего колхицином. Полученная форма (гомолог) по своему фенотипу практически соответствует образцам мягкой пшеницы, сохраняя при этом некоторые характерные особенности исходного спельтоидного видообразца *T.kiharae*. Соответственно по своим продукционным признакам гомологичная форма, четко на уровне таковых мягкой пшеницы. Таким образом, в очередной раз подтвержден своего рода ресинтез мягкой пшеницы из спельтоидной формы, то есть показан один из возможных путей происхождения *T.aestivum*. В то же время, учитывая отличающийся генетический материал гомологичной формы, она представляется достаточно ценным исходным материалом для селекции.

Ключевые слова: *Triticum kiharae*, мягкая пшеница, колхицин, гомологичная форма, коэффициент удельной продуктивности (Куп).

Цитирование. Романов Б. В., Пимонов К. И. (2020). Гомологичная мягкой пшенице форма из *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch. *Известия НВ АУК*, 2020. 2(58). 154-164. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-15

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. За период с 12 апреля 2018 г. по 30 апреля 2019 г. в Госреестр включено 1331 новых сортов, расширено использование 216 сортов, сокращено использование 46 сортов, удалено из Госреестра 267 сортов. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации в 2019 г. включено 324 сорта озимой мягкой пшеницы [2]. Для успешного развития селекции в России необходим генетически разнообразный исходный материал. Снижение генетического разнообразия – глобальная проблема, касающаяся большинства возделываемых культурных растений, включая и пшеницу [11, 12]. В этой связи большое значение придается созданию различных синтетических и мутантных форм, в том числе подобных мягкой гексаплоидной пшенице, и предпринимаются попытки редактирования генома культурных растений [1, 3-9]. Известно о переносе в геном пшеницы аллелей 50 видов, представляющих 13 родов [14]. Использование молекулярных и цитогенетических маркеров позволяет направленно интрогрессировать целевые гены в геном пшеницы, облегчая работу селекционеров [10, 13].

В современной тритикологии с различными вариациями принята гипотеза о дифилетическом происхождении тетраплоидной пшеницы (Пшеницы мира, 1987; Гончаров Н.П., 2002). Родоначальником первой филогенетической ветви, по утверждению В. Ф. Дорофеева (1987), принято считать *Triticum urartu* Thum. ex Gandil. (A''), второй – *Triticum boeoticum* Boiss. (A^b). Соответственно, развитие рода *Triticum* шло как по пути появления видов-гомологов в двух гомологичных под родах (или ветвях), так и становления видов аналогов внутри каждого из под родов. Виды-гомологи имеют разный качественный геномный состав, одинаковый уровень ploидности и сходные хозяйственные особенности (Пшеницы мира, 1987).

С учётом геномных отличий представителей второй филогенетической ветви и их высокого иммунитета представляется весьма привлекательным создание гомологичной мягкой пшеницы формы в данном под роде. Очевидно, что такая форма, которая фенотипически и, наверняка, генотипически, будет приближена к мягкой пшенице, тем не менее, сохранит в какой-то степени свойства представителей второй филогенетической ветви. Следовательно, полученный гомолог, во-первых, должен легче скрещиваться с мягкой пшеницей, во-вторых, из-за отличающегося генетического материала можно надеяться на бóльший гетерозисный эффект при скрещивании и, в какой-то степени, на наследование такими гибридами иммунных характеристик представителей второй филогенетической ветви.

В свое время попытки получения гомолога мягкой пшеницы при помощи гибридизации привели к созданию *T.miguschovae* Zhir. A^bA^bGGDD (Дорофеев В. Ф., 1979; Жиров Е. Г., 1981; Пшеницы мира, 1987). Однако нами показано, что *T.miguschovae* A^bA^bGGDD не является полным гомологом мягкой пшеницы *T.aestivum* L. $A''A''BBDD$, поскольку в её продукционных признаках так же, как у спельтоидных *T.spelta* L. $A''A''BBDD$ и его гомологе *T.kiharae* Dorof. et Migusch. A^bA^bGGDD , в отличие от мягкой пшеницы, не реализуется вклад одного из трёх элементарных диплоидных геномов. Поэтому её коэффициент удельной продуктивности Куп (соотношение зерна колоса к вегетативной части побега) значительно меньше, чем у мягкой пшеницы [8]. Более того, *T.miguschovae* существенно отличалась от «настоящей» *T.aestivum* внешне, тогда как полная гомология, по утверждению Б. М. Медникова (1989), подразумевает одинаковый или близкий фенотипический эффект. В этой связи, можно отметить, что, полученный с использованием супермутагена нитрозометилмочевина (N-HMM), полный гомолог мягкой пшеницы имел некоторое генотипическое и феноменальное фенотипическое, сходство с истинными образцами мягкой пшеницы. Поэтому его происхождение из спельтоидного *T.kiharae* пришлось подтверждать при помощи иммунохимических и электрофоретических анализов [8]. Таким образом, учитывая вышеизложенное и используя метод мутагенеза, предприняли очередную попытку создания гомологичной мягкой пшеницы формы из *T.kiharae*, но уже с использованием более дешевого и доступного препарата колхицина.

Цель настоящей работы – попытаться получить гомологичную мягкую пшеницу форму из *Triticum kiharae* под воздействием колхицина.

Материалы и методы. Предварительно замоченные в течение суток семена *T.kiharae* (A^bA^bGGDD), обработали 0,05 % раствором колхицина в экспозиции 12 часов. Затем после промывки под водопроводной водой в течение 2 часов они были посеяны на участке возле теплицы ДонГАУ под зиму, для усиления мутагенного эффекта. Растения второго, третьего и последующих поколений высевали на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ.

Выделенную гомологичную мягкую пшеницу форму сравнивали с исходным видом *T.kiharae* A^bA^bGGDD и видообразцами *T.aestivum* $A''A''BBDD$. Для доказательства создания гомолога, кроме фиксации определенного фенотипического сходства его с

исходной формой и образцами мягкой пшеницы, использовали и коэффициент удельной продуктивности (Куп) – показатель эффективности репродуктивной функции побегов пшеницы, предложенного Г. А. Козлечковым (2016) [3]. Для чего отбирали в полную спелость по 25-30 продуктивных побегов и проводили структурный анализ, по результатам которого определяли Куп. Статистическая обработка данных – по Б. А. Доспехову (1985), с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0; Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. В третьем поколении (C_3) среди растений исходного *T.kiharae* был обнаружен мутант, отличающийся от родительской формы «голубоватым оттенком» или сизым восковым налетом. Из созревших колосьев этого растения получено 5 зерновок, из которых в C_4 получено одно растение с тремя продуктивными колосьями, которые уже больше походили на представителей мягкой пшеницы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Колосья первого поколения гомолога мягкой пшеницы

Figure 1 – Ears of the first generation of soft wheat homologue

Видно, что они по своему внешнему облику уже существенно приближаются к мягкой пшенице. Обращает внимание голубоватый оттенок колосьев у выделенного растения, а также расходящиеся, как у мягкой пшеницы, ости. Цветки в сформировавшихся колосьях были полностью фертильными. В колосках у выщипившейся формы было не по две зерновки, что присуще исходной *T.kiharae*, во многих колосках, особенно в середине колоса, а уже по три-четыре, что имеет место и характерно для мягкой пшеницы.

На рисунке 2 представлены колосья и колоски исходного *T.kiharae* (слева) и полученной из него гомологичной мягкой пшенице формы второго поколения. Здесь вполне видны различия между исходным *T.kiharae* и полученным макромутантом по строению колоса, колоскам и форме зерновок. Так, колос у гомологичной формы более широкий. Ости у него, как мы уже отмечали, расходятся, что является особенностью мягкой пшеницы. Колоски намного шире, чем у *T.kiharae*, что связано с большим количеством зерновок в них.

Они по форме вполне похожи на зерновки мягкой пшеницы, тогда как у исходной *T.kiharae* они более вытянутые и не такие округлые. В колосках гомологичной формы отчетливо просматриваются три ости, тогда как у исходной формы две, а третья слегка выражена. Колосковые чешуйки у *T.kiharae* более жесткие, чем у гомолога, и у последнего лучший обмолот.



Рисунок 2 – Колосья: 1 – исходный *T.kiharae*; 2 – выщепившийся гомолог мягкой пшеницы

Figure 2 – Ears: 1 – original *T. kiharae*; 2 – split homologue of soft wheat

В то же время особых сомнений в происхождении предполагаемого гомолога именно из *T.kiharae* нет, так как присутствуют характерные для исходного вида пшеницы признаки. Ости у него также черные, только кончики несколько светлее, чем у *T.kiharae*. У гомолога достаточно отчётливо выражено опушение колосьев и хорошо просматривается нервация на колосковых чешуйках, характерная для *T.kiharae*.

Если расположить *T.kiharae* и полученный из него гомолог мягкой пшеницы в соответствующих фенотипических рядах, согласно закону гомологических рядов, чётко просматривается внешнее сходство колосьев спельты остистой (1) и безостой (2), а также их гомолога *T.kiharae* (3), составляющих один фенотипический ряд, также полученный гомолог (6) вполне вписывается в ряд с образцами мягкой пшеницы (4, 5) (рисунок 3). То есть *T.kiharae*, являющийся гомологом *T.spelta*, фенотипически близок к последней так же, как и полученный гомолог (6) – к представителям мягкой пшеницы.



Рисунок 3 – Колосья: 1 – *T.spelta* (остистая), 2 – *T.spelta* (безостая), 3 – *T.kiharae*; 4 – *T.aestivum* (остистая), 5 – *T.aestivum* (безостая), 6 – гомолог

Figure 3 – Ears: 1 – *T. spelta* (spinous), 2 – *T. spelta* (non-spinous), 3 – *T. kiharae*; 4 – *T. aestivum* (spinous), 5 – *T. aestivum* (non-spinous), 6 – homologue

Кроме того, если обратимся к коэффициенту удельной продуктивности (Куп), видим, что он у *T.kiharae* и его гомолога *T.spelta* весьма близок и существенно меньше, чем у сортообразцов мягкой пшеницы (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Удельная продуктивность (Куп) видов гомологов (1989 г.)
(Романов Б.В., Пимонов К.И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы.
Монография п. Персиановский, 2018. С. 143)

Table 1 – Specific productivity (Csp) of homologous species (1989)
(Romanov B. V., Pimonov K. I. Phenomogenomic production characteristics of wheat.
Monograph by p. Persianovsky, 2018. P. 143)

Видообразец пшеницы / Species of wheat	№ по кат. ВИР, сорт / № according to the catalog VIR, grade	Геном / Genome	Масса, г / Weight, g		Куп / Csp
			Зерна / grains	вегетативной части побега / vegetative part of the shoot	
<i>T.spelta</i>	19097	A ^u BD	1,48	2,81	0,53
	53347	A ^u BD	0,85	1,69	0,51
<i>T.kiharae</i>	47897	A ^b GD	0,67	1,41	0,49
<i>T.aestivum</i>	Найя/ Naya	A ^u BD	1,44	1,84	0,78
	Бирюсинка/ Biryusinka	A ^u BD	0,87	1,16	0,75
	Донщина/ Don region	A ^u BD	1,74	2,18	0,80
<i>T.miguschovae</i>	57361	A ^b GD	0,71	1,40	0,51
HCP _{0,05} /SSD _{0,05}	-	-	-	-	0,07

Таблица 2 – Удельная продуктивность (Куп) видов гомологов (1990 г.)
(Романов Б.В., Пимонов К.И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы.
Монография п. Персиановский, 2018. С. 144)

Table 2 – Specific productivity (Cup) of homologous species (1990)
(Romanov B. V., Pimonov K. I. Phenomogenomic production characteristics of wheat.
Monograph by p. Persianovsky, 2018. P. 144)

Видообразец пшеницы / Species of wheat	№ по кат. ВИР, сорт / № according to the catalog VIR, grade	Геном / Genome	Масса, г / Weight, g		Куп / Csp
			зерна / grains	вегетативной части побега / vegetative part of the shoot	
<i>T.spelta</i>	19097	A ^u BD	1,25	2,52	0,50
<i>T.kiharae</i>	47897	A ^b GD	0,93	1,93	0,47
<i>T.aestivum</i>	Донщина/ Don region	A ^u BD	1,11	1,36	0,82
	Бирюсинка/ Biryusinka	A ^u BD	0,94	1,28	0,73
	Найя/Naya	A ^u BD	1,65	2,13	0,77
	Фури/Furi	A ^u BD	1,46	1,90	0,77
	Моск. 35/ Mosk. 35	A ^u BD	1,99	2,84	0,70
	Свенно/Svenno	A ^u BD	1,73	2,41	0,72
	Ролло/Rollo	A ^u BD	1,72	2,36	0,73
<i>T.miguschovae</i>	57361	A ^b GD	0,69	1,39	0,50
HCP _{0,05} / SD _{0,05}	-	-	-	-	0,08

Таблица 3 – Продукционные показатели исходного *T.kiharae* и, полученной из него гомологичной мягкой пшенице формы

Table 3 – Production indicators of the original *T. kiharae* and homologous soft wheat obtained from it

Генотип / Genotype	Масса побега с колосом, г / Weight the escape from ear, g	Число, шт / The number of pieces		Масса, г / Weight, g		Куп / Csp
		Колосков / spikelet	зерновок / caryopses	зерновок / caryopses	вегетативная / vegetative	
<i>T.kiharae</i>	2,47	12,3	20,7	0,80	1,67	0,49
Гомолог / Homologue	3,01	14,8	31,5	1,40	1,61	0,87

Что характерно Куп *T.miguschovae* на уровне первых, что послужило дополнительным доказательством о его неполной гомологии с образцами мягкой пшеницы. У полученного гомолога Куп четко на уровне образцов мягкой пшеницы, тогда как у исходного *T.kiharae* этот коэффициент остался таким же, как в предыдущие годы и соответствует показателям спельтоидных форм, включая и *T.miguschovae* (таблица 3). Следует отметить, что у некоторых сортообразцов мягкой пшеницы Куп бывает даже больше 1,0. Поэтому коэффициент удельной продуктивности 0,87 у гомологичной формы нельзя считать выдающимся. Это вполне укладывается в средние значения нормы реакции по данному показателю для сортообразцов мягкой пшеницы. Тем не менее, генетические отличия полученной гомологичной формы представляют значительный интерес для практической селекции.

Поскольку уже есть опыт, показавший возможность создания так называемого полного гомолога фенотипически соответствующей мягкой пшенице, то не исключено, что дальнейшая эволюция этой гомологичной формы может привести к возникновению трудно отличимой от *T.aestivum* формы. Вместе с тем, если подойти к этому факту без признания дифилетической природы происхождения тетраплоидной пшеницы, то можно зафиксировать ресинтез мягкой пшеницы из спельтоидной формы.

Выводы. Опираясь на факт создания полного гомолога *T.aestivum* из *T.kiharae* под воздействием N-НММ, получена гомологичная мягкой пшенице форма, но уже после обработки семян последнего колхицином. Полученная форма (гомолог) по своему фенотипу практически соответствует образцам мягкой пшеницы, сохраняя при этом некоторые характерные особенности исходного спельтоидного видообразца *T.kiharae*. Соответственно по своим продукционным признакам гомологичная форма, четко на уровне таковых мягкой пшеницы. Таким образом, очередной раз подтвержден своего рода ресинтез мягкой пшеницы из спельтоидной формы, то есть показан один из возможных путей происхождения *T.aestivum*. В то же время, учитывая отличающийся генетический материал гомологичной формы, она представляется достаточно ценным исходным материалом для селекции.

Библиографический список

1. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетической гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР / А. Г. Хакимова, Н. К. Губарева, В. А. Кошкин, О. П. Митрофанова // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. №23(6). С. 738-745.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. I. Сорта растений (Официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 516 с. // https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf.

3. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Коэффициент удельной продуктивности - показатель эффективности репродуктивной функции побегов пшеницы коллекции ВИР // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. №3. С. 34-38.
4. Короткова А. М., Герасимова С. В., Хлесткина Е. К. Текущие достижения в области модификации генов культурных растений с использованием системы CRISPR/Cas // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Том 23. № 1. С. 29-37. <https://doi.org/10.18699/VJ19.458>.
5. Крупин П. Ю., Дивашук М. Г., Карлов Г. И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. №3. С. 409-425.
6. Романов Б. В., Пимонов К. И. Продукционные характеристики *Triticum Petropavlovskiy* и её спонтанных макромутантов // Зерновое хозяйство России. 2019. №4. С. 50-53. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-50-53>.
7. Романов Б. В., Пимонов К. И. Теоретические аспекты закономерности макроэволюционных преобразований ди- и тетраплоидных видов пшеницы // Известия НВ АУК. 2019. № 4(56). С. 110-119. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-13.
8. Романов Б. В., Пимонов К. И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы: монография. Персиановский: Донской ГАУ, 2018. 188 с.
9. Создание и изучение интрогрессивных линий мягкой пшеницы, полученных на основе синтетической формы RS7 / Р. О. Давоян, И. В. Бебякина, Э. Р. Давоян, Д. С. Миков, Ю. С. Зубанова, Д. М. Болдаков, Е. Д. Бадаева, И. Г. Адонина, Е. А. Салина, А. Н. Зинченко // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. №7. С. 827-835. DOI 10.18699/VJ19.556.
10. Characterization of chromosomal rearrangement in new wheat – *Tinopyrum* intermedium addition lines carrying *Thinopyrum*- specific grain hardness genes / Z. Yu, H. Wang, Y. Xu, Y. Li, T. Lang, Z. Yang, G. Li // Agronomy. 2019. N 9(1). P. 18 (doi: 10.3390/agronomy9010018).
11. Genetic diversity and modern plant breeding / S. Smith, D. Bubeck, B. Nelson, J. Stanek, J. Kerke // Genetic diversity and erosion in plants. Indicators and prevention. V. 1. / M. R.Ahuja, S.Mohan Jain (eds.). Springer Internacional Publisching, Switzerland, 2015. P. 55-88.
12. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives // Genetics Research International, 2015. Article ID 431487 (doi: 10.1155/2015/431487).
13. Wilkinson M. D., King R., Crimaldi R. Sequense diversytu and indentification of novel piroindoline and grainsoftness protein alleles in Elimus, Agropyron relatedspecies // Diversity. 2018. N10(4). DOI: 10.3390/d0040114.
14. Wulf B. B., Moscou M. J. Strategies for transferring resistance into Wheat: from Wide crosses to GM cassettes // Front. Plant Sci. 2014. N 5. P. 692 (doi: 10.3389/fpls.2014.00692).

Conclusions. Based on the fact of creating a complete homologue of *T. aestivum* from *T. kiharae* under the influence of N-NMU, a homologous form of soft wheat was obtained, but after processing the seeds of the latter with colchicine. The resulting form (homologue) in its phenotype almost corresponds to samples of soft wheat, while retaining some of the characteristic features of the original speltoid species *T. kiharae*. Accordingly, according to its production characteristics, the homologous form is clearly at the level of those of soft wheat. Thus, once again, a kind of resynthesis of soft wheat from the speltoid form is confirmed, that is, one of the possible ways of origin of *T. aestivum* is shown. At the same time, given the different genetic material of the homologous form, it seems to be a fairly valuable source material for selection.

Reference

1. Genetic diversity and breeding value of synthetic hexaploid wheat attracted to the VIR collection. / A. G. Khakimova, N. K. Gubareva, V. A. Koshkin, O. P. Mitrofanova // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. N 23(6). P. 738-745.
2. State register of selection achievements admitted to use. V. I. plant Varieties (Official publication). Moscow: Rosinformagro-tech, 2019. 516 p. // https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf.

3. Kozlechkov G. A., Pasko S. V., Romanov B. V. Coefficient of specific productivity-an indicator of the efficiency of the reproductive function of wheat shoots in the VIR collection // Bulletin of the Russian agricultural science. 2016. No. 3. P. 34-38.
4. Korotkova A. M., Gerasimova S. V., Khlestkina E. K. Current achievements in the field of modification of genes of cultivated plants using the CRISPR/Cas system // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. Volume 23. No. 1. P. 29-37. <https://doi.org/10.18699/VJ19.458>.
5. Krupin P. Yu., Divashuk M. G., Karlov G. I. Using the genetic potential of perennial wild grasses in the selection improvement of wheat // Agricultural biology. 2019. V. 54. No. 3. Pp. 409-425.
6. Romanov B. V., Pimonov K. I. Descriptive characteristics of Triticum Petropavlovskiy and its spontaneous macromutation // Grain economy of Russia. 2019. N 4. P. 50-53. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-50-53>.
7. Romanov B. V., Pimonov K. I. Theoretical aspects of regularities of macroevolutionary transformations of di- and tetraploid wheat species // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019. N 4(56). P. 110-119. (in Russian) DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-13.
8. Romanov B. V., Pimonov K. I. Fenomogenomika produkcionnyh priznakov vidov pshenicy: monografiya. Persianovskij: Donskoj GAU, 2018. 188 p.
9. Creation and study of introgressive lines of soft wheat produced on the basis of the synthetic form RS7 / R. O. Davoyan, I. V. Bebyakina, E. R. Davoyan, D. S. Mikov, Yu. s. Zubanova, D. M. Bol-dakov, E. D. Badaeva, I. G. Adonina, E. A. Salina, A. N. Zinchenko // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. V. 23. No. 7. Pp. 827-835. DOI 10.18699/VJ19.556.
10. Characterization of chromosomal rearrangement in new wheat – Triticum intermedium addition lines carrying Thinopyrum- specific grain hardness genes / Z. Yu, H. Wang, Y. Xu, Y. Li, T. Lang, Z. Yang, G. Li // Agronomy. 2019. N 9(1). P. 18 (doi: 10.3390/agronomy9010018).
11. Genetic diversity and modern plant breeding / S. Smith, D. Bubeck, B. Nelson, J. Stanek, J. Kerke // Genetic diversity and erosion in plants. Indicators and prevention. V. 1. / M. R. Ahuja, S. Mohan Jain (eds.). Springer International Publishing, Switzerland, 2015. P. 55-88.
12. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives // Genetics Research International, 2015. Article ID 431487 (doi: 10.1155/2015/431487).
13. Wilkinson M. D., King R., Crimaldi R. Sequence diversity and identification of novel proindole and grain softness protein alleles in Elimus, Agropyron related species // Diversity. 2018. N10(4). DOI: 10.3390/d0040114.
14. Wulf B. B., Moscou M. J. Strategies for transferring resistance into Wheat: from Wide crosses to GM cassettes // Front. Plant Sci. 2014. N 5. P. 692 (doi: 10.3389/fpls.2014.00692).

Authors Information

Romanov Boris Vasilyevich, senior researcher, laboratory of selection and genetics of agricultural plants, Federal Rostov agricultural research center (Russia, 346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet village, Institutskaya str., 1), candidate of biological Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, phone: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Pimonov Konstantin Igorevich, Professor of the Department of crop Production and horticulture, don state agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, p. Persianovsky, Krivoslykova str., 24), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, тел.: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство и садоводство», 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

MIGRATION OF HEAVY METALS IN ECOSYSTEMS OF THE VOLGO-AKHTUBA FLOODPLAIN BY SEASONS OF THE YEAR

A. A. Bakaneva

Federal State Budget Scientific Institution «The Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», the village of Solenoy Zaimishche, Astrakhan region

Received 03.03.2020

Submitted 22.05.2020

Summary

According to the results of two years of research, it was revealed that the Volga-Akhtuba floodplain is affected by spring flood, which leads to a decrease in the concentration of pollutants.

Abstract

Introduction. The Volga-Akhtuba floodplain (VAP) is a unique natural ecosystem. The presence on its territory of forests, caught meadows, coastal beaches, as well as the diverse flora and fauna determine its high economic value. The main human activity in the floodplain is agricultural. That is why the Volga-Akhtuba floodplain is not an ecosystem, but an agroecosystem. **An object.** The object of the study is meadow-pasture vegetation and soil in the Volga-Akhtuba interfluvium. **Materials and methods.** In 2018-2019 The influence of spring flood on the ecological state of meadow vegetation of the Volga-Akhtuba interfluvium area was monitored at the Federal State Budget Scientific Institution PAFSC RAS. The analysis of vegetation and soil samples for the content of heavy metals depending on the flood. Heavy metals were determined by atomic absorption method on a Hitachi AAS 180-50 spectrophotometer with flame atomization. **Results and conclusions.** Two-year studies showed that the chemical composition of meadow-pasture vegetation of the Volga-Akhtuba interfluvium was influenced by spring floods, which led to a decrease in the concentration of HM. After the flood, the content of HM in vegetation decreased, including manganese and lead, by 1.6 times or by 37.4 and 37.8%, respectively. Analysis of the HM content in the lithosphere showed that after the spring flood, the concentration of lead (by 2.8 times or by 64.6%) of zinc (by 2.3 times or by 55.8%), cobalt (by 2.2 times) significantly decreases or 54.0%) and manganese (1.7 times or 40.0%). The content of other heavy metals in the soil decreases from 1.1 times in nickel to 1.4 times in copper. Then, as in plants, during the summer period, re-contamination of soils occurs and the content of HM in soils returns to its spring values.

Key words: *pollutants, spring flood, agroecosystem, migration of heavy metals, floodplain.*

Citation. Bakaneva A.A. Migration of heavy metals in the ecosystems of the Volga-Akhtuba floodplain according to the seasons of the year. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 164-170 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-16.

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

УДК 631.95:556.16

МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМАХ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ПО СЕЗОНАМ ГОДА

A. A. Баканева, младший научный сотрудник

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
с. Солёное Займище, Астраханская обл., Россия*

Дата поступления в редакцию 03.03.2020

Дата принятия к печати 22.05.2020

Актуальность. Волго-Ахтубинская пойма (ВАП) – уникальная природная экосистема. Наличие на ее территории лесных массивов, пойменных лугов, прибрежных пляжей, а также разнообразная флора и фауна обуславливает ее высокую народнохозяйственную ценность. Основным видом деятельности человека в пойме является сельскохозяйственный. Именно поэтому Волго-Ахтубинская пойма не экосистема, а агроэкосистема. **Объект.** Объектом исследования являются

лугово-пастбищная растительность и почва на территории Волго-Ахтубинского междуречья. **Материалы и методы.** В 2018-2019 гг. в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» проводился мониторинг влияния весеннего половодья на экологическое состояние луговой растительности территории Волго-Ахтубинского междуречья. Проводился анализ растительности и почвенных образцов на содержание тяжелых металлов в зависимости от половодья. Тяжелые металлы определялись атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре фирмы Hitachi AAS 180-50 с пламенной атомизацией. **Результаты и выводы.** Двухлетние исследования показали, что на химический состав лугово-пастбищной растительности Волго-Ахтубинского междуречья оказало влияние весеннее половодье, которое привело к снижению концентрации ТМ. После паводка содержание ТМ в растительности уменьшилось, в том числе марганца и свинца в 1,6 раза, или на 37,4 и 37,8 %, соответственно. Анализ содержания ТМ в литосфере показал, что после весеннего половодья существенно снижается концентрация свинца (в 2,8 раза, или на 64,6 %) цинка (в 2,3 раза, или на 55,8 %), кобальта (в 2,2 раза, или на 54,0 %) и марганца (в 1,7 раза, или на 40,0 %). Содержание в почве остальных тяжелых металлов уменьшается от 1,1 раза у никеля до 1,4 раза у меди. Затем, также как и у растений, в течение летнего периода, происходит повторное загрязнение почв, и содержание ТМ в почвах возвращается к своим весенним показателям.

Ключевые слова: *поллютанты, весеннее половодье, агроэкосистемы пойм, миграция тяжелых металлов, поймы рек.*

Цитирование. Баканева А. А. Миграция тяжелых металлов в экосистемах Волго-Ахтубинской поймы по сезонам года. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 165-171. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-16.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многие ученые ставят на первое место среди основных общемировых экологических проблем загрязнение экосистем поллютантами. Чаще всего поллютанты имеют абсолютно разное происхождение и обладают совершенно различной химической природой. Но их попадание в окружающую среду чаще всего связано с антропогенной деятельностью человека. В результате этой деятельности в атмосферу попадает около 60 % известных тяжелых металлов. Доля же кадмия и свинца в атмосфере превышает 90 % от их общего количества.

Немалую опасность для растений, произрастающих в поймах крупных рек, представляют тяжелые металлы, которые из-за неконтролируемой антропогенной деятельности человека, попадают в воду, а затем и в почву и в растительность. Неблагоприятное воздействие различных отходов промышленности и сельского хозяйства на ноосферу стало причиной того, что многие растительные сообщества и отдельные растения постоянно подвергаются различным неблагоприятным воздействиям, главное место среди которых занимает загрязнение тяжелыми металлами. Работы многих авторов как в нашей стране, так и за рубежом посвящены исследованиям воздействия накопления тяжелых металлов в растениях [1, 4, 7-11]. Благодаря этому в последние десятилетия существенное развитие получили работы, которые были направлены на исследование распространения ТМ в ноосфере и их накоплению в тканях растений. В ходе изучения установлено, несмотря на то, что многие тяжелые металлы не считаются химическими элементами, которые были бы необходимы для нормального развития растений, однако растительными организмами они активно поглощаются, сохраняя долго токсические свойства, оказывая этим продолжительное отрицательное действие и последствие на растения.

Волго-Ахтубинская пойма (ВАП) – уникальная природная экосистема. Наличие на ее территории лесных массивов, заливных лугов, песчаных пляжей, а также разнообразная флора и фауна обуславливает ее высокую народнохозяйственную ценность.

Основным видом деятельности человека в пойме является сельскохозяйственный. Благодаря этому, территория Волго-Ахтубинского междуречья является агроэкосистемой. Почва является одним из главных экологических показателей состояния

окружающей среды. Чаще всего почва загрязняется атмосферными осадками, отходами жизнедеятельности человека и подземными водами. Различная почвенно-геохимическая обстановка существенно влияет на передвижение тяжелых металлов в почвах. Промывной и периодически промывной режим почвенного профиля обуславливает особую группу почв, в которой тяжелые металлы выносятся из профиля. В пойменных почвах геохимическая обстановка имеет значительные отличия от остальных. В таких почвах из-за условий высокой обводнённости существенно повышается подвижность химических элементов, а также увеличивается и перемещение тяжелых металлов. Чаще всего это обусловлено спецификой геохимических процессов – в пойменных почвах сильно выражена сезонность смены окислительно-восстановительных условий. Это можно объяснить особенностью гидрологического режима рек (длительность весеннего половодья, наличие или отсутствие осеннего паводка, а так же характер меженного периода).

Существует 4 категории загрязнения земель ТМ, которые нужно учитывать в сельскохозяйственном производстве: допустимая; умеренно опасная; высоко опасная; чрезвычайно опасная. Также отмечают 3 класса опасности ТМ. Наиболее опасными считают свинец и кадмий. Для здоровья человека увеличенное содержание ТМ также чрезвычайно опасно: их накопление в почве приводит к негативным последствиям для здоровья людей и ноосферы.

Именно постоянно возрастающее антропогенное влияние на пойменную экологическую систему, связанное с необдуманным зарегулированием стока, распашкой земель и сенокошением, нерегулированный выпас скота, «дикий» туризм, вызывает негативные экологические последствия – уничтожение защитных свойств пойменных лугов, лесов и озер, уменьшение их эстетической и кормовой ценности и впоследствии постепенную деградацию [6]. Последствия данных негативных процессов особенно заметны в тех местах, где использование и посещение лугово-лесных массивов происходит массово. Для сохранения и охраны биоресурсов Волго-Ахтубинского междуречья, по инициативе и при непосредственном участии Прикаспийского НИИ аридного земледелия на его территории в 2013 году был создан национальный природный парк «Волго-Ахтубинское междуречье». За его состоянием и по сегодняшний день следят ученые уже Прикаспийского аграрного федерального научного центра. Оптимизация экологической обстановки в ВАП является основной задачей современности. Для ее решения необходим постоянный мониторинг за ее состоянием.

Материалы и методы. В 2018-2019 гг. в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» проводился мониторинг воздействия весеннего половодья на экологическое состояние лугово-пастбищной растительности и почв территории заливных лугов Волго-Ахтубинского междуречья. Для этого был проведен анализ растительности и почвенных образцов на наличие тяжелых металлов в зависимости от половодья, а именно весной (до половодья), летом (после половодья) и осенью. Содержание тяжелых металлов определяли по атомно-абсорбционному методу спектрофотометром Hitachi AAS 180-50 с пламенной атомизацией. Взятые пробы анализировали в лаборатории кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета. Определение содержания ТМ в образцах растительности и почвах производилось по методике ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.35-02 [2]. В каждой отобранной пробе определялись: свинец, никель, кадмий, медь, кобальт, цинк и марганец. Пробы почвы были отобраны согласно ГОСТ 28168-89 [3].

Мониторинг почв и растительности проводился на территории Волго-Ахтубинского междуречья Енотаевского и Черноярского районов.

Результаты и обсуждение. Антропогенное воздействие на экосистему ВАП увеличивается с каждым годом. Оно создает немаловажные новые условия для существования пойменных растений и животных, которые сильно отличаются от тех, к которым они уже адаптировались в течение тысячелетий. Химический состав луговых растений и почв исследованных участков позволяет нам оценить характер гео- и техногенно-химическую миграцию веществ, прежде всего ТМ на периодически заливаемых территориях.

Сенокосно-пастбищные угодья, расположенные в пойме, являются источниками дешевых кормов, а также активно используются для выпаса скота и сбора лекарственного сырья. Изучение химического состояния луговых растений и почвы поймы позволяет решать многие экологические проблемы, связанные с техногенным загрязнением реки Волги. Результаты анализа содержания ТМ в луговой растительности и почве представлены в таблицах 1 и 2.

При сравнении химического состава проб было обнаружено, что после схода паводковых вод количество ТМ в луговых растениях ниже, чем до паводка.

В пробах растений, взятых после затопления поймы, существенно снижается концентрация марганца (1,6 раз, или на 37,4 %), свинца (1,6 раз, или на 37,8 %), а количество остальных ТМ уменьшается в 1,1-1,5 раза. Потом, в течение летних месяцев, происходит повторное накопление ТМ, и их содержание становится таким же, как и весной.

Таблица 1 – Среднее валовое содержание тяжелых металлов в луговой растительности Волго-Ахтубинской поймы, мг/кг, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее за 2018-2019 гг.

Table 1 – The average metal content in the meadow vegetation of the Volga-Akhtuba floodplain, mg / kg, FSBI PAFSC RAS, average for 2018-2019.

Металлы / Metals	ПДК / MPC	Весна (до половодья) / Spring (before flood)	Лето (после половодья) / Summer (after high water)	Осень (2-я декада октября) / Autumn (2nd decade of October)
Zn	100	59,27	46,64	53,24
Pb	14	5,10	3,17	5,00
Cd	1	0,42	0,31	0,41
Ni	20	9,97	7,61	8,94
Cu	10	7,81	6,84	7,53
Co	0,5	3,41	3,10	3,37
Mn	>500	124,35	77,29	121,83

В пробах почв, аналогично растительным пробам, отобраным после весеннего половодья, также значительно снижается концентрация свинца (в 2,8 раза, или на 64,6 %), цинка (в 2,3 раза, или на 55,8 %), кобальта (в 2,2 раза, или на 54,0 %) и марганца (в 1,7 раза, или на 40,0 %).

Таблица 2 – Среднее валовое содержание тяжелых металлов в почве Волго-Ахтубинской поймы, мг/кг, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее за 2018-2019 гг.

Table 2 – Average gross content of heavy metals in the soil of the Volga-Akhtuba floodplain, mg / kg, FSBI PAFSC RAS, average for 2018-2019.

Металлы / Metals	ПДК / MPC	Весна (до половодья) / Spring (before flood)	Лето (после половодья) / Summer (after high water)	Осень (2-я декада октября) / Autumn (2nd decade of October)
Zn	70	80,83	35,70	66,78
Pb	30	13,15	4,65	17,64
Cd	3	0,49	0,41	0,46
Ni	58	41,35	36,65	53,82
Cu	28	16,66	11,99	19,03
Co	25	23,30	10,71	16,15
Mn	>800	242,33	145,41	286,15

Содержание в почве остальных тяжелых металлов уменьшается от 1,1 раза у никеля до 1,4 раза у меди. Затем, также как и у растений, в течение летнего периода, происходит повторное загрязнение почвенного профиля, и содержание ТМ в нем становится таким же, как и весной. Суммарный показатель загрязнения (Zc) показывает, что пойменные почвы соответствуют допустимой категории загрязнения (Zc), не превышая 16 [5].

Выводы. Двухлетние исследования говорят о том, что на химический состав пойменной растительности и почв исследуемых нами участков, которые расположены в Волго-Ахтубинском междуречье Черноярского и Енотаевского районов, влияет весенне-летнее половодье, которое уменьшает содержание в них ТМ. Паводковые воды вымывают микроэлементы из почвы и перемещают их, что, в свою очередь, снижает их концентрации и в растениях, произрастающих на этих почвах. Количество ТМ после схода паводковых вод в растительности уменьшилось, в том числе марганца и свинца – в 1,6 раза, или на 37,4-37,8 %, соответственно. Содержание остальных ТМ уменьшается в 1,1-1,5 раза. Анализ количества тяжелых металлов в почвенном профиле показал, что после весеннего половодья значительно снижается концентрация свинца (в 2,8 раза, или на 64,6 %), цинка (в 2,3 раза, или на 55,8 %), кобальта (в 2,2 раза, или на 54,0 %) и марганца (в 1,7 раза, или на 40,0 %). Содержание в почве остальных ТМ уменьшается от 1,1 раза у никеля до 1,4 раза у меди. Затем, также как и у растений, в течение летнего периода, происходит повторное загрязнение почв, и содержание ТМ в почвах становится таким же, как и весной. Исходя из полученных данных, количество ТМ в растительности и почвах Волго-Ахтубинского междуречья имеет следующий убывающий ряд: Mn>Zn>Ni>Cu>Pb>Co>Cd.

Следовательно, существующая на сегодняшний день экологическая ситуация в Волго-Ахтубинском междуречье требует особого контроля за деятельностью человека, для того чтобы сохранить экологическое равновесие этой уникальной территории Северного Прикаспия.

Библиографический список

1. Ветчинникова Л. В., Кузнецова Т. Ю., Титов А. Ф. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях Севера // Труды Карельского научного центра РАН, 2013. № 3. С. 68–73.
2. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли ртути общей в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шлаках, активном иле, донных отложениях фотометрическим методом с дитизином: ПНДФ 16.2.2:2.3:3.35-02. Изд-во «ФБУ ФЦАО», 2017. 42 с.
3. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб: ГОСТ 27262-87 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200024371>. дата доступа: 10.08.2019.
4. Подлужная А. С., Бадмаева С. Э. Накопление тяжелых металлов в древесных растениях скверов и парков правобережья Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2016. №8. С. 91-96.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. URL: http://www.gidrolog.ru/ecol/hv_met.htm#table2, дата доступа: 10.08.2019.
6. Тютюма Н. В., Конев С. В. Влияние паводков р. Волга на развитие процессов естественных водно-болотных угодий Волго-Ахтубинской поймы (2015-2016 гг.) // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. №3. С. 47-50.
7. Adriano D. C. Trace Elements in the Terrestrial Environment // Springer Verlag. New York, 2015. 533 p.
8. Clemens S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis // Planta, 2012. Vol.212. P. 475-486.
9. Cottenie A., Dhaese A., Camerlynck R. Plant quality response to uptake of polluting elements // Qual. Plant. 2016. Vol.26, № 1. P. 293-319.

10. Franiel I., Blocka A. The seeds Quality of *Betula pendula* Roth and *Betula obscura* Kotula from Semi-Natural and Anthropogenic Habitats // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2018. Vol. 11 (11). P. 1455-1460.

11. Hall J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // *Journal of Experimental Botany*. 2012. V. 53, № 366. P. 1–11.

12. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants / A. R. Memon, D. Aktoprakligil, A. Ozdemir, A. Vertii // *Turk. J. Bot.* 2016. Vol. 25, P. 111-121.

13. Piczak K., Sniewicz A., Zyrnicki W. Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 86. P. 273-287.

14. Rosselli W., Keller C., Boschi K. Phytoextraction capacity of trees growing on a metal contaminated soil // *Plant and Soil*. 2016. Vol. 256. P. 265-272.

15. Schnetzer H. L., Chetelat A., Besson J.-M. Auswirkung von Klarschlamm und Klarchlamm compost auf den Schwermetallgehalt von Futterpflanzen im Gefäßversuch // *Landwirtschaftliche Forschung*. 2014. Vol.36. P. 343-352.

Conclusions. As a result of two-year studies, we conclude that the spring-summer flood, which reduces the concentration pollutants. Flood waters dissolve trace elements in the soil and move them, which, in turn, reduces their concentration in plants growing on these soils. The content of heavy metals after floods in vegetation in all studied areas decreased, including manganese and lead - by 1.6 times or by 37.4-37.8%, respectively. The content of other heavy metals decreases by 1.1 ... 1.4 times. Analysis of the content of heavy metals in the soil showed that after the spring flood, the concentration of lead (by 2.8 times or by 64.6%) of zinc (by 2.3 times or by 55.8%), cobalt (by 2.2 times or 54.0%) and manganese (1.7 times or 40.0%). The content of other heavy metals in the soil decreases from 1.1 times in nickel to 1.4 times in copper. Then, as in plants, during the summer period, re-contamination of soils occurs and the content of HM in soils returns to its spring values. Based on the data obtained, the concentration of heavy metals in the vegetation and soils of the Volga-Akhtuba floodplain has the following decreasing series: Mn> Zn> Ni> Cu> Pb> Co> Cd.

Consequently, the current environmental situation in the Volga-Akhtuba floodplain requires special control over human activities in order to maintain the ecological balance of this unique territory of the Northern Precaspian region.

Reference

1. Vetchinnikova L. V., Kuznetsova T. Yu., Titov A. F. Features of the accumulation of heavy metals in the leaves of woody plants in urban areas in the North // *Transactions of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. No. 3. P. 68–73.

2. Quantitative chemical analysis of soils. The methodology for measuring the mass fraction of total mercury in solid and liquid production and consumption wastes, sediments, sludge, activated sludge, bottom sediments by the photometric method with dithizone: PNDF 16.2.2: 2.3: 3.35-02. Publishing House FBU FCAO, 2017. 42 p.

3. Feed of plant origin. Sampling methods GOST 27262-87 [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200024371>. access date: 08/10/2019.

4. Podluzhna A. S., Badmaeva S. E. The accumulation of heavy metals in woody plants of squares and parks on the right bank of Krasnoyarsk // *Bulletin of the Krasnoyarsk Autonomous Okrug*. 2016. No. 8. P. 91-96.

5. Maximum allowable concentration (MPC) of chemicals in the soil [Electronic resource]. URL: http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm#table2, access date: 08/10/2019.

6. Tyutyuma N. V., Konev S. V. The effect of floods p. Volga on the development of processes of natural wetlands of the Volga-Akhtuba floodplain (2015-2016) // *Theoretical and applied problems of the agricultural sector*. 2016. №3. P. 47-50.

7. Adriano D. C. Trace Elements in the Terrestrial Environment // Springer Verlag. New York, 2015. 533 p.

8. Clemens S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis // *Planta*. 2012. Vol.212. P. 475-486.
9. Cottenie A., Dhaese A., Camerlynck R. Plant quality response to uptake of polluting elements // *Qual. Plant*. 2016. Vol.26. № 1, P. 293-319.
10. Franiel I., Blocka A. The seeds Quality of *Betula pendula* Roth and *Betula obscura* Kotula from Semi-Natural and Anthropogenic Habitats // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2018. Vol. 11 (11). P. 1455-1460.
11. Hall J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // *Journal of Experimental Botany*. 2012. V. 53, № 366. P. 1–11.
12. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants / A. R.Memon, D. Aktoprakligil, A. Ozdemir, A. Vertii // *Turk. J. Bot.* 2016. Vol.25. P. 111–121.
13. Piczak K., Sniewicz A., Zyrnicki W. Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 86. P. 273–287.
14. Rosselli W., Keller C., Boschi K. Phytoextraction capacity of trees growing on a metal contaminated soil // *Plant and Soil*. 2016. Vol. 256. P. 265–272.
15. Schnetzer H. L., Chetelat A., Besson J.-M. Auswirkung von Klarschlamm and Klarchlamm compost auf den Schwermetallgehalt von Futterpflanzen im Gefäßversuch // *Landwirtschaftliche Forschung*. 2014. Vol.36. P. 343-352.

Author Information

Bakaneva Anna Aleksandrovna, Junior Researcher, Department of Environmental Management, Federal State Budget Scientific Institution “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny quarter, house 8) tel. 89378275909, e-mail: solnce5508@mail.ru

Информация об авторе

Баканева Анна Александровна, младший научный сотрудник, отдел рационального природопользования, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», (416251, Россия, Астраханская область, Черныйарский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), тел. 89378275909, e-mail: solnce5508@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-17

THE YIELD OF WINTER WHEAT DEPENDING ON THE PREDATOR BY THE MEASURE OF REMOVING FROM THE FOREST PROTECTIVE STRIP

E. V. Seminchenko

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Forestation of the Russian Academy of Sciences» (Federal Scientific Center for Agroecology of Academy of Sciences), Volgograd, Russia

Received 23.04.2020

Submitted 26.05.2020

Summary

The need of the national economy for food grain is constantly growing, so increasing grain production is a key problem in agricultural production. The development and implementation of the production of grain crops according to the best predecessors near the forest protection strip should contribute to the solution of this complex problem in the arid conditions of the Lower Volga region. **Object.** The object of research is winter wheat Kamyshanka 6. The purpose of the study was to study the change in yield of winter wheat by its predecessors (oats, clover, phacelia, clean steam) as the fields move away from the forest strip. **Materials and methods.** The studies were conducted on the experimental field of the Lower Volga Research Institute of Agriculture - a branch of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The soil of the experimental plot is light chestnut, heavy loamy, with a humus content of 1.74% in the arable layer. The amount of average annual rainfall was 339.7 mm. The cultivation technology of these crops was generally accepted for the research area. **Re-**

sults and conclusions. Studies have shown that during the sprouting and harvesting periods, the productive moisture reserves in winter wheat crops near the medicinal product at a distance of 5 N for all precursors are smaller and increase with the distance from the medicinal product. In the “spring re-growth” phase, the reserves of productive moisture in winter wheat crops at a distance from the PL increases and decreases with the distance from the PL. In all variants of the experiment, except the control one, a positive balance is ensured by the batteries. The highest rate of nitrate nitrogen, mobile phosphorus, and metabolic potassium is observed for phacelia siderate - 6.6 mg / kg, 39.8 mg / kg, and 390.6 mg / kg, respectively. On average, over three years, the yield of winter wheat varied from 2.1 t / ha at a distance of 5 N from the medicinal product according to the precursor clover (siderat) to 2.87 at a distance of 30 N from the predecessor of phacelia. In the dry steppe zone of the chestnut subzone of light chestnut soils of the Lower Volga region, various precursors have an effective effect on the entry of organic matter into the soil and the yield of grain crops.

Keywords: *forest strip, predecessors, nutrients, yield.*

Citation. Seminchenko E. V. The yield of winter wheat, depending on its predecessor, as it moves away from the forest shelter belt. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 170-176 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-17

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

УДК 633.11”324”:631.559:631.51

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА ПО МЕРЕ УДАЛЕНИЯ ОТ ЛЕСОПОЛОСЫ

Е. В. Семинченко, научный сотрудник, соискатель

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения российской академии наук» Волгоград, Россия*

Дата поступления в редакцию 23.04.2020

Дата принятия к печати 26.05.2020

Актуальность. Потребность народного хозяйства в продовольственном зерне постоянно растет, поэтому наращивание производства зерна является ключевой проблемой сельскохозяйственного производства. Решению этой сложной задачи в засушливых условиях Нижнего Поволжья должны способствовать разработка и внедрение в производство зерновых культур по лучшим предшественникам вблизи лесозащитной полосы. **Объект.** Объектом исследований являются озимая пшеница Камышанка 6. Целью исследований являлось изучение изменения урожайности озимой пшеницы по предшественникам (овес, донник, фацелия, чистый пар) по мере удаления полей от лесной полосы. **Материалы и методы.** Исследования проводили на опытном поле Нижне-Волжского НИИСХ – филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Почва опытного участка – светло-каштановая, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 1,74 %. Количество среднегодовых осадков составляло 339,7 мм. Технология возделывания этих культур была общепринятой для зоны проведения исследований. **Результаты и выводы.** Исследования показали, что на период всходов и уборки запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы возле ЛП на расстоянии 5Н по всем предшественникам меньше и по мере удаления полей от ЛП возрастает. В фазу «весеннее отрастание» запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы на удалении от ЛП возрастает и по мере удаления от ЛП уменьшается. Во всех вариантах опыта, кроме контрольного, обеспечивается положительный баланс элементами питания. Самый высокий показатель нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия отмечается по сидерату фацелия – 6,6 мг/кг, 39,8 мг/кг и 390,6 мг/кг соответственно. В среднем за три года урожайность озимой пшеницы варьировала от 2,1 т/га на расстоянии 5Н от ЛП по предшественнику донник (сидерат) до 2,87 на расстоянии 30Н по предшественнику фацелия. В сухостепной зоне каштановой подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья различные предшественники оказывают эффективное влияние на поступление в почву органического вещества и урожайность зерновых культур.

Ключевые слова: лесные полосы, предшественники озимой пшеницы, элементы питания пшеницы, урожайность озимой пшеницы.

Цитирование. Семинченко Е. В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника по мере удаления от лесозащитной полосы. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 170-176. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-17.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дефицит доступной влаги является главным фактором, ограничивающим продуктивность богарного земледелия засушливых регионов Поволжья. Его можно снизить освоением адаптивно-ландшафтных систем земледелия, включающих в себя полезащитные лесные полосы, культурные растения, имеющие средообразующую способность, и технологии их возделывания в севообороте.

Цель исследований – изучить изменение урожайности озимой пшеницы, высеваемой по черному пару и сидеральным парам (овес, донник, фацелия) по мере удаления от лесной полосы.

Материалы и методы. Исследования проводились в Землепользовании «Городищенское» кадастровый номер 34:03:000000:6, в зоне влияния лесных полос на опытном поле Нижне-Волжского НИИСХ. Участок расположен в светло-каштановой подзоне сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья. Территория хозяйства – слабоволнистая равнина. Климат резко континентальный, ГТК=0,5-0,6. Сумма среднесуточных положительных температур воздуха равна 3400-3500 °С. Среднегодовое количество осадков 300-350 мм. Амплитуда минимальных и максимальных температур – 7,8 °С (от +43 °С до -35 °С). Лесная полоса высотой 5 метров, 4-х рядная. В её составе встречается клен остролистный (*Acer platanoides*), вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*) уплотнена смородиной золотой (*Ribes aureum*). Почвы низко обеспечены азотом, средне – фосфором и повышено – калием. Содержание гумуса – 1,2-2,0 %, pH=7-8. Опыт закладывался согласно методикам сухостепной зоны Нижнего Поволжья. Основная обработка черного пара включает лущение стерни дисковой бороной БДТ-3 на глубину 8-10 см, через 10-15 дней вспашка безотвальным орудием на глубину 25-27 см. Весной проводится боронование в 2 следа. До посева озимой пшеницы черный пар обрабатывается культиватором КПС-4 на глубину 6-8 см. Сидеральные культуры (овес, донник, фацелия) высевали весной. В июне их дисковали.

Высевали озимую пшеницу Камышанка 6, норма посева 3,8 млн шт/га. Сумма осадков за 2017 – 2019 сельскохозяйственный год составила: 374,9; 393,0 и 387,3 мм против среднемноголетнего значения 339,2 мм.

Результаты и обсуждение. В степных районах Поволжья фактором, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур, является влагообеспеченность – содержание доступной влаги в почве и осадки, выпадающие в период вегетации. Так, в среднем за годы исследований запасы продуктивной влаги в 1,0-метровом слое почвы к посеву озимой пшеницы на удалении от ЛП на расстоянии 30Н и составили на черном поле – 53,3 мм; по сидерату (донник) – 33,5 мм; по сидерату (овес) – 40,1 мм; по сидерату фацелия – 34,4 мм. По мере приближения к лесополосе запасы продуктивной влаги уменьшаются. Такая же тенденция прослеживается и на период уборки. В фазу «весеннее отращивание» наоборот запасы продуктивной влаги на расстоянии 5Н от ЛП были наилучшими и составили от 70,4 до 80,8 мм в зависимости от предшественника. По мере удаления от ЛП продуктивная влага в 1-метровом слое почвы уменьшалась.

Исследованиями установлено, что содержание гумуса в слое почвы 0-0,3 м под ЛП находится по предшественнику черный пар – 1,71 %; пар сидеральный (донник) – 1,87 %; пар сидеральный (овес) – 1,81 % и пар сидеральный (фацелия) – 2,23 %. По мере удаления от полезащитной лесной полосы его количество в пахотном горизонте снижалось.

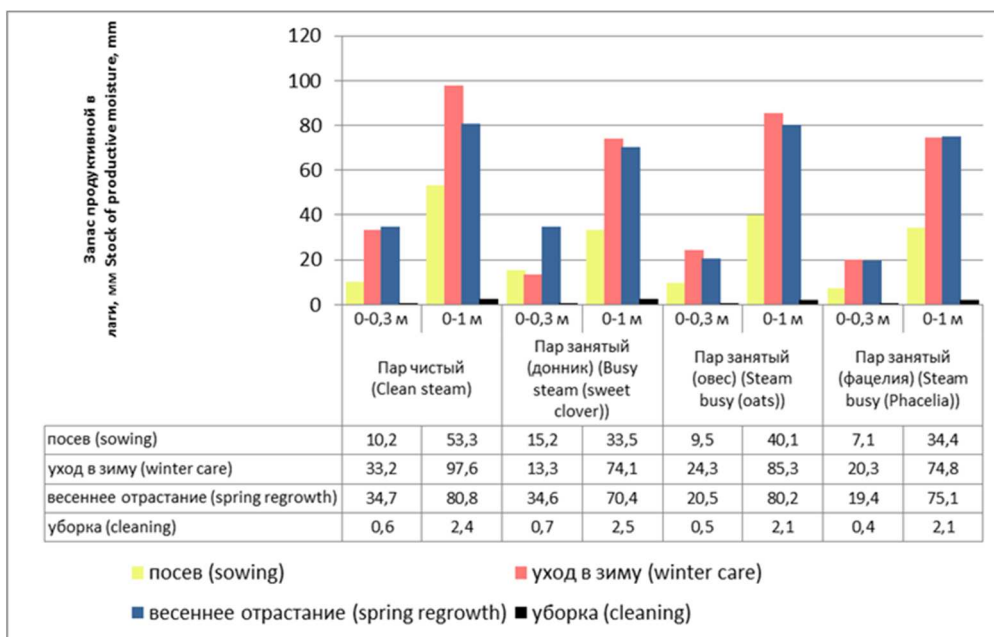


Рисунок 1 – Запас продуктивной влаги почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников (среднее за 2017-2019 гг)

Figure 1 – Stock of productive soil moisture in winter wheat crops depending on predecessors (average for 2017-2019)

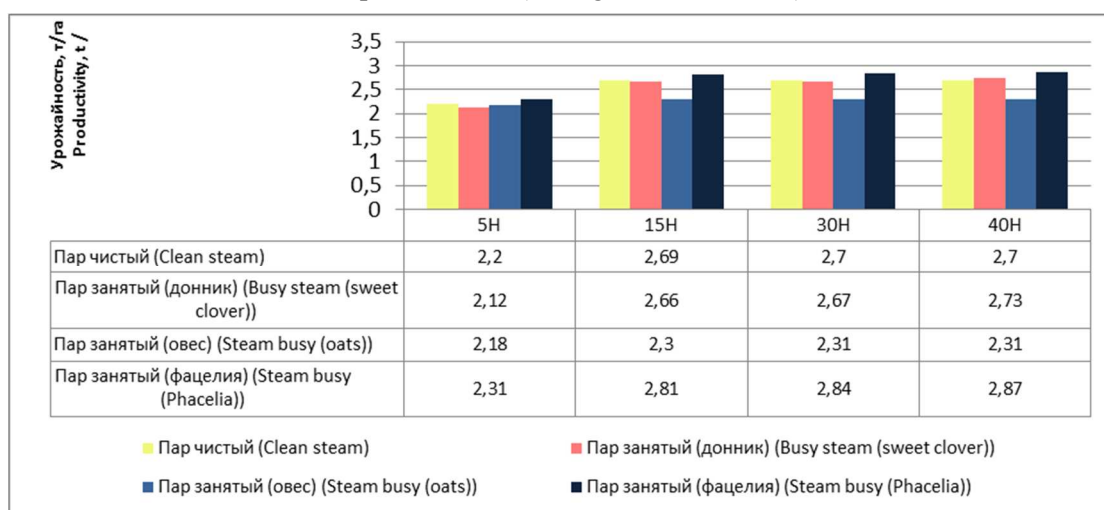


Рисунок 2 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников (среднее за 2017-2019 гг)

Figure 2 – Winter wheat yield depending on predecessors (average for 2017-2019)

В условиях периодических засух Нижнего Поволжья в почвах преобладают аэробные процессы, которые способствуют образованию нитратного азота, являющегося основной формой питания растений. Так, в среднем за три года, содержание нитратного азота в слое почвы 0- 30 см к посеву озимой пшеницы были ниже оптимальной величины (19,0-21,0 мг/кг) и составили на черном пару – 4,9 мг/ кг; на сидеральном пару (донник) – 5,8мг/кг; пар сидеральный (овес) – 5,37 мг/кг и пар сидеральный (фацелия) – 6,6 мг/кг.Содержание подвижного фосфора к посеву озимой пшеницы в слое почвы 0-30 см превышает уровень оптимальный значений (23-25 мг/кг) и составляет

по черному пару – 33,1 мг/кг; на сидеральном пару (донник) – 33,1 мг/кг; пар сидеральный (овес) – 29,8 мг/кг и пар сидеральный (фацелия) – 39,8 мг/кг. Содержание обменного калия к посеву озимой пшеницы в слое почвы 0-30 см также превышает уровень оптимальной величины (320-350 мг/кг) и составило по черному пару – 361,2 мг/кг; на сидеральном пару (донник) – 369,1 мг/кг; пар сидеральный (овес) – 354,8 мг/кг и пар сидеральный (фацелия) – 390,6 мг/кг. На период уборки озимой пшеницы содержание нитратного азота уменьшилось и составило от 2,52 до 3,5 мг/кг в зависимости от предшественника. Содержание подвижного фосфора на период уборки озимой пшеницы также уменьшилось от 24,1 до 27,8 мг/кг, а содержание обменного калия на период уборки озимой пшеницы увеличивалось от 371,9 до 405,7 мг/кг в зависимости от предшественника.

Опытами установлено, что полевые защитные лесные полосы положительно влияют на урожайность озимой пшеницы. При этом действие лесного насаждения распространялось на значительном удалении от насаждения.

В среднем за три года урожайность озимой пшеницы на расстоянии 40Н от насаждения составляла 2,3-2,9 т/га в зависимости от сидерального пара, а это на 0,2-0,6 т/га больше, чем на расстоянии 5Н. Анализ данных показал, что наибольший урожай озимой пшеницы обеспечивается на расстоянии 15Н и более метров от лесополосы и наоборот, в близости к лесному насаждению урожайность снижается. Это вызвано затенением растений, а также проявлением конкуренции со стороны лесного насаждения за элементы минерального питания и почвенную влагу.

Выводы. По результатам данных можно сделать выводы:

1. Наличие полевых защитных лесных полос позволяет по сравнению с открытым участком накапливать почвенную влагу в 1,5-2,0 раза больше, чем на незащищенном участке.

2. Лесная полоса оказывает большое влияние на содержание гумуса. Перераспределение органических остатков на прилегающей к лесной полосе территории под воздействием различных факторов оказывает дифференцированное влияние на процесс гумусообразования в почве.

3. Урожайность озимой пшеницы, размещенной в районе полевой защитной лесополосы в среднем на 0,2-0,6 т/га больше, чем на открытом участке. При этом действие насаждения лучше проявляются на удалении более 15 Н от лесополосы.

Библиографический список

1. Галиченко И. И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Земледелие. 2012. № 1. С. 35-36.
2. Гуринов А. Г., Чадаев И. М. Влияние бобовых предшественников на засоренность посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2018. №4. С. 22-24.
3. Зеленев А. В., Уришев Р. Х., Семинченко Е. В. Эффективность средств биологизации в полевых севооборотах сухостепной зоны Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2017. №1. С. 63-69.
4. Иванов Е. А., Чибис В. В., Партушин Е. И. Урожайность полевых культур при возделывании в севооборотах лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. №5. С.16-20.
5. Левкина К. В., Михальчева Е. А. Продуктивность сортов озимой твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2018. №3. С. 158-165.
6. Сорта яровой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области / А. В. Зеленев, И. Н. Маркова, В. Н. Питоня, П. А. Смутнев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. №4. С. 39-45.

7. Урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов, А. В. Балашов, К. В. Левкина, К. А. Кудина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2017. №4. С. 29-35.

8. Barlóg P., Hlisnikovský L., Kunzová E. View Correspondence Yield, content and nutrient uptake by winter wheat and spring barley in response to applications of digestate, cattle slurry and NPK mineral fertilizers // Archives of Agronomy and Soil Science. 2019. №15.

9. Drought Priming at Vegetative Growth Stage Enhances Nitrogen-Use Efficiency Under Post-Anthesis Drought and Heat Stress in Wheat / S. Liu, X. Li, D. H. Larsen, X. Zhu, F. Song, F. Liu // Journal of Agronomy and Crop Science. 2017. №203(1). P. 29-40.

10. Effects of Nanochitin on the Enhancement of the Grain Yield and Quality of Winter Wheat / W. Xue, Y. Han, J. Tan, Y. Wang, G. Wang, H. Wang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. №66 (26). P. 6637-6645.

11. Karimzadeh Soureshjani H., Ghorbani Dehkordi A., Bahador M. Correspondence Temperature effect on yield of winter and spring irrigated crops //Agricultural and Forest Meteorology. 2019. №279(15).

12. Pleskachev Yu.N., Sukhov A. N. ABOUT CROP ROTATIONS IN NIZHNY VOLGA REGION // Agriculture. 2013. № 2. P. 3.

13. Selection of winter wheatpredecessors in cborrotations of tne Volga region forest steppe / A. L. Tolgildin, V. L. Morozov, M. I. Podsevalov, Y. M. Isaev, I. A. Toigilina // RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL, BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES. №6. P. 2203-2209.

14. Zelenev A.V., Pleskachev Y. N., Semichenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluve // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Том. 13. №3. С. 216-223. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223.

Conclusions. The presence of forest shelter belts makes it possible to accumulate soil moisture 1.5-2.0 times more than in an unprotected area compared to an open area tthan on an unprotected area.

The forest strip has a great influence on tne humus comtent. Redistribyion of organic residues in tne territoru adjacent to tne forest strip under tne influence of varions factors has a differentiated effect on tne process of humus formation in tne coil.

Winter wheat yieldslocated in tnr area of forest shrlder belt aqre on average 0.2-0.6 t/ha more than in tne open atea. While tne action of pleasure is better manifeated at a distance of more than 15 Hfrom the forest belt.

Reference

1. Galichenko I. I. Productivity of winter wheat depending on predecessors // Agriculture. 2012. No. 1. P. 35-36.

2. Gurin A. G., Chadayev I. M. The effect of legume precursors on the weediness of winter wheat crops // Agriculture. 2018. No. 4. P. 22-24.

3. Zelenev A. V., Urishev R. Kh., Semichenko E. V. The effectiveness of biologization in field crop rotation of the dry steppe zone of the Lower Volga // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex. 2017. No. 1. P. 63-69.

4. Ivanov E. A., Chibis V. V., Partushin E. I. Yield of field crops during cultivation in crop rotation of the forest-steppe of Western Siberia // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. №5. P.16 -20.

5. Levkina K. V., Mikhacheva E. A. Productivity of winter durum wheat varieties on light chestnut soils of the Volgograd region // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex. 2018. No. 3. P. 158-165.

6. Varieties of spring wheat in the dry steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region / A. V. Zelenev, I. N. Markova, V. N. Python, P. A. Smutnev // News of the Lower Volga Agro-University Complex. 2015. No. 4. P. 39-45.

7. Yield of spring durum wheat depending on hydrothermal conditions on light chestnut soils of the Volgograd region / V. V. Balashov, A. V. Balashov, K. V. Levkina, K. A. Kudina // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex. 2017. No. 4. P. 29-35.
8. Barlóg P., Hlisnikovský L., Kunzová E. View Correspondence Yield, content and nutrient uptake by winter wheat and spring barley in response to applications of digestate, cattle slurry and NPK mineral fertilizers // Archives of Agronomy and Soil Science. 2019. №15.
9. Drought Priming at Vegetative Growth Stage Enhances Nitrogen-Use Efficiency Under Post-Anthesis Drought and Heat Stress in Wheat / S. Liu, X. Li, D. H. Larsen, X. Zhu, F. Song, F. Liu // Journal of Agronomy and Crop Science. 2017. №203(1). P. 29-40.
10. Effects of Nanochitin on the Enhancement of the Grain Yield and Quality of Winter Wheat / W. Xue, Y. Han, J. Tan, Y. Wang, G. Wang, H. Wang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. №66 (26). P. 6637-6645.
11. Karimzadeh Soureshjani H., Ghorbani Dehkordi A., Bahador M. Correspondence Temperature effect on yield of winter and spring irrigated crops // Agricultural and Forest Meteorology. 2019. №279(15).
12. Pleskachev Yu.N., Sukhov A. N. ABOUT CROP ROTATIONS IN NIZHNY VOLGA REGION // Agriculture. 2013. № 2. P. 3.
13. Selection of winter wheatpredecessors in cborrotations of tne Volga region forest steppe / A. L. Tolgildin, V. L. Morozov, M. I. Podsevalov, Y. M. Isaev, I. A. Toigilina // RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL, BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES. №6. P. 2203-2209.
14. Zelenov A.V., Pleskachev Y. N., Seminchenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluve // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Том. 13. №3. С. 216-223. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223.

Authors Information

Seminchenko Elena Valerievna, researcher, applicant for the laboratory of agroecology and prediction of bio-productivity of agroforestry landscapes of FNU Agroecology RAS, University Avenue 97, 400062, Volgograd, Russia. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563>. E-mail: eseminchenko@mail.ru

Информация об авторах

Семинченко Елена Валерьевна, научный сотрудник, соискатель лаборатории агроэкологии и прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов ФНУ агроэкологии РАН, проспект Университета 97, 400062, Волгоград, Россия. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563>. E-mail: eseminchenko@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18

AEROSPACE ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF AGRICULTURAL LAND IN THE DON RIDGE

K. P. Sinelnikova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article is devoted to the application of the geoinformation technologies in combination with the aerospace information to estimate of the current state of arable land. These technologies provide rapid detection of the pockets of erosion, deflation, salinization and other types of the degradation that lead to loss of the agricultural land fertility. The analysis of the current state of arable land in the Don ridge using satellite images allowed us to determine the distribution of soil complexes and determine the levels of degradation of test fields.

Abstract

Introduction. The increase in anthropogenic pressure on agricultural landscapes is associated with the intensification of agricultural production, which leads to an increase in land degradation, including arable land. Timely identification of degradation foci, taking into account their spatial differentiation, makes it

possible to localize them in a timely manner using advanced agricultural technologies. The purpose of the research was to identify the processes of land degradation and determine the potential decrease in crop productivity. **Object.** For aerospace analysis of arable land, a test site «Blinovsky» was allocated on the territory of the Don ridge. **Materials and methods.** The use of geoinformation technologies in combination with aerospace information makes it possible to assess the current state of arable land. These technologies provide rapid detection of pockets of erosion, deflation, salinization and other types of degradation that lead to loss of agricultural land fertility. For aerospace analysis of the state of arable land, large-scale space maps are used, which are created on the basis of high-resolution space images (0.4-1.0 m). According to space maps, the macrostructure and geometry of fields and the spatial placement of protective forest stands are distinguished. The on-farm structure of fields is established if necessary according to the data of farms and the Federal register. **Results and conclusions.** As a result of the analysis of the test site «Blinovsky», thematic geoinformation cartographic layers of the structure of fields, relief and protective forest stands were compiled. On the basis of cartographic spatial analysis of arable land, 28 fields were identified, protected (not even fully) by forest stands. The minimum area of arable land in the research area is about 4 ha, the maximum is 404 ha. The average area of arable land is 146.4 ha. Six sites are included in the soil contour of dark chestnut, clay and heavy loam carbonate soils with a low-power humus horizon and an average level of water erosion. Fifteen sites of arable land with a total area of 3396 ha are included in the contour of dark chestnut soils in a complex with small-humus chestnut solonchaks, with an average level of water erosion, occupying. Five plots are located on both dark chestnut soils and dark chestnut soils with solonchaks.

Key words: *arable land, Don ridge, soil, degradation, erosion, salinization, space image.*

Citation. Sinelnikova K. P. Aerospace analysis of the current state of agricultural land in the Don ridge. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 176-185 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18.

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

УДК 528.7:551.43:631.459

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ДОНСКОЙ ГРЯДЫ

К. П. Синельникова, младший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Увеличение антропогенной нагрузки на агроландшафты связано с интенсификацией сельскохозяйственного производства, что приводит к увеличению масштабов деградации земель, в том числе пашни. Своевременное определение очагов деградации с учетом их пространственной дифференциации дает возможность своевременной их локализации при помощи прогрессивных агротехнологий. Целью исследований являлось выявление процессов деградации земельных ресурсов и определение потенциального снижения продуктивности посевов. **Объект.** Для аэрокосмического анализа пашни был выделен тестовый участок «Блинковский» на территории Донской гряды. **Материалы и методы.** Применение геоинформационных технологий в комплексе с аэрокосмической информацией позволяет осуществить оценку современного состояния пашни. Эти технологии обеспечивают быстрое выявление очагов эрозии, дефляции, засоления и других видов деградации, которые ведут к потере плодородия сельскохозяйственных угодий. Для аэрокосмического анализа состояния пашни используются космокарты крупного масштаба, которые создаются на основе космоснимков высокого разрешения (0,4-1,0 м). По космокартам выделяется макроструктура и геометрия полей, пространственное размещение защитных лесных насаждений. Внутривоспользовательская структура полей устанавливается при возникновении такой необходимости по данным хозяйств и росреестра. **Ре-**

результаты и выводы. В результате анализа тестового участка «Блиновский» были составлены тематические геоинформационные картографические слои структуры полей, рельефа и защитных лесных насаждений. На основании картографического пространственного анализа пашни выделено 28 полей, защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями. Минимальная площадь у участка пашни на территории исследований – около 4 га, максимальная – 404 га. Средняя площадь участка пашни – 146,4 га. Шесть участков входят в почвенный контур темно-каштановых, глинистых и тяжелосуглинистых карбонатных почв с маломощным гумусовым горизонтом и со средним уровнем водной эрозии. Пятнадцать участков пашни общей площадью 3396 га входят в контур темно-каштановых почв в комплексе с солонцами каштановыми малогумусовыми, со средним уровнем водной эрозии. Пять участков расположены как на темно-каштановых почвах, так и на темно-каштановых с солонцами.

Ключевые слова: пашни, Донская гряда, деградация почв, эрозия почв, засоление почв, космоснимки.

Цитирование. Синельникова К. П. Аэрокосмический анализ современного состояния сельскохозяйственных угодий Донской гряды. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 176-185. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Технологии аэрокосмического анализа позволяют эффективно изучать различные аспекты сельскохозяйственной деятельности. С помощью космоснимков можно провести инвентаризацию сельскохозяйственных земель, выявить процессы деградации земельных ресурсов, определить потенциальные угрозы для посевов и решить многие другие задачи агропромышленного комплекса [4, 7].

По данным Государственного (национального) доклада «О состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2017 году», во многих субъектах Российской Федерации идёт тенденция ухудшения состояния земель. Эрозия, дефляция, опустынивание и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота, являются опасными негативными процессами на территории РФ. В связи с этим аэрокосмический анализ современного состояния пашни Донской гряды является своевременным и актуальным [1, 2].

Одним из крупных регионов по производству сельскохозяйственной продукции является Волгоградская область. Посевная площадь сельскохозяйственных культур в области на 2018 год составляла 3171,2 тыс. га (Волгоградстат, 2019). На территории Волгоградской области практически не осталось естественных ландшафтов с аборигенными растениями и большой продуктивностью фитоценозов. В настоящий момент эрозия почв является преобладающим видом деградации сельхозугодий, которая активно распространяется в бассейне реки Дон из-за особенностей рельефа территории. [3].

Территория Донской гряды интенсивно используется для сельскохозяйственного производства, поэтому сохранение плодородия почв является важной народно хозяйственной задачей. Целью исследований являлось выявление процессов деградации земельных ресурсов и определение потенциального снижения продуктивности посевов. Использование геоинформационных технологий дает возможность осуществлять мониторинг состояния агроландшафтов в камеральных условиях, с верификацией полученных результатов выборочными полевыми исследованиями, при этом в разы увеличивается объем информации и сокращается время ее получения и анализа [6].

Материалы и методы. Для аэрокосмического анализа состояния пашни используются космокарты крупного масштаба, которые создаются на основе космоснимков высокого разрешения (0,4-1,0 м), получаемые со спутников WorldView-3 и WorldView-4 (URL: <http://new.scanex.ru/data/satellites>). Характеристики спутников приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики спутников

Table 1 – Technical characteristics of the satellites

Характеристики аппаратуры / Hardware characteristics	WorldView-3	WorldView-4
Тип данных /The data type	оптические / of optical	оптические /of optical
Режим съемки / Remote recording modes	моно и стерео съемка / mono and stereo recording	моно и стерео съемка / mono and stereo recording
Спектральные каналы / Spectral channels	панхроматический / panchromatic, мультиспекальные / multispectral: VNIR (8), SWIR (8), CAVIS (12)	панхроматический /panchromatic мультиспектраль- ные/multispectral: (4 канала VNIR)
Пространственное разрешение в надире, м / Spatial resolution in Nadir, m	панхроматический / panchromatic - 0,31 мультиспектральный / multispectral : 1,24 (VNIR), 3,7 (SWIR), 30 (CAVIS)	панхроматический / panchromatic - 0,31 мультиспектральный /multispectral - 1,23
Ширина полосы съемки в надире, км / Recording width in Nadir, km	13,1 (VNIR); 10,8 (SWIR); 14,8 (CAVIS)	13,2
Период повторной съемки, сутки / Re- recording period, day	<1 суток с разрешением 1 м, / <1 day with a resolution of 1 m, 4,5 суток с отклонением от надир менее 20 градусов / 4.5 days with a deviation from the Nadir of less than 20 degrees	<1 суток с разрешением 1 м, / <1 day with a resolution of 1 m, 4,5 суток с отклонением от надир менее 20 градусов, / 4.5 days with a deviation from the Nadir of less than 20 degrees
Производительность съемки, км ² / Recording capacity, km2	680 000	680 000
Получение стереопары / Getting a stereo pair	стереосъемка на одном витке / stereo recording on one turn	стереосъемка на одном витке / stereo recording on one turn

По космокартам выделяется макроструктура и геометрия полей, пространственное размещение объектов [9, 10]. Внутрихозяйственная структура полей устанавливается при возникновении такой необходимости по данным хозяйств и росреестра.

Определяется общее количество полей, защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями, и незащищенных. Устанавливаются площади и размеры полей [8].

Определяются геостатистические характеристики рельефа полей, размещенных на территории исследований. Полученные характеристики полей, выявленные на территории, заносятся в таблицы.

Сопряженный анализ карты размещения полей, рельефа и почвенной карты дает возможность провести выделение полей по потенциальной продуктивности [5].

Методика аэрокосмического анализа пашни в агролесоландшафтах заключается в следующем:

1. Проводится космосъемка высокого и сверхвысокого разрешения территории с изучаемой пашней.

2. После проведения основной обработки пашни выбирается время съемки (ранневесеннее, или позднее летнее).

3. С помощью геоинформационного программного комплекса, а именно QGIS, создается космокарта агролесоландшафта исследуемой территории.

4. В среде ГИС по космокартам и данным распределенных баз данных дигитайзером выделяется макроструктура полей, ограниченных защитными лесными насаждениями.

5. По картографическому векторному слою "структура полей" определяется общее количество полей, защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями и не защищенных.

6. Создается векторная карта размещения пашни.

7. В программе QGIS рассчитываются площади и размеры полей.
8. Определяются статистические характеристики полей, размещенных на тестовом участке.
9. Статистические характеристики анализируемых полей заносятся в таблицу.
10. Выделяется информация из созданных и распределенных баз данных, относящаяся к изучаемой пашне.
11. Определяются доступные характеристики каждого поля и заносятся в таблицы базы данных тематической ГИС.
12. По оцифрованной почвенной карте, имеющейся в базах данных, создается векторный слой – карта почвенных контуров на исследуемой территории.
13. Проводится комплексный анализ картографических слоев размещения пашни и почвенных контуров.
14. Создается векторный слой распределения пашни по потенциальной продуктивности.
15. Проводится анализ состояния полей. Определяются уровни деградации участков и суммарной деградации всего поля.

Результаты и обсуждение. Для геоинформационного анализа пашни на тестовом участке «Блиновский» была разработана локальная ГИС и тематические картографические слои, в том числе космокарты на основе космоснимков сверхвысокого разрешения. В результате исследований выделена макроструктура и геометрия полей, которые представлены на рисунке 1. Внутрихозяйственная структура полей не устанавливалась, так как целью аэрокосмического анализа являлось выявление современного состояния агроландшафта на изучаемой территории.

Всего выделено 28 участков пашни (полей), защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями. Минимальная площадь у пашни № 18 – 4,0 га. Максимальный размер у пашни № 5 – 404,2 га. Средняя площадь пашни – 146,4 га.

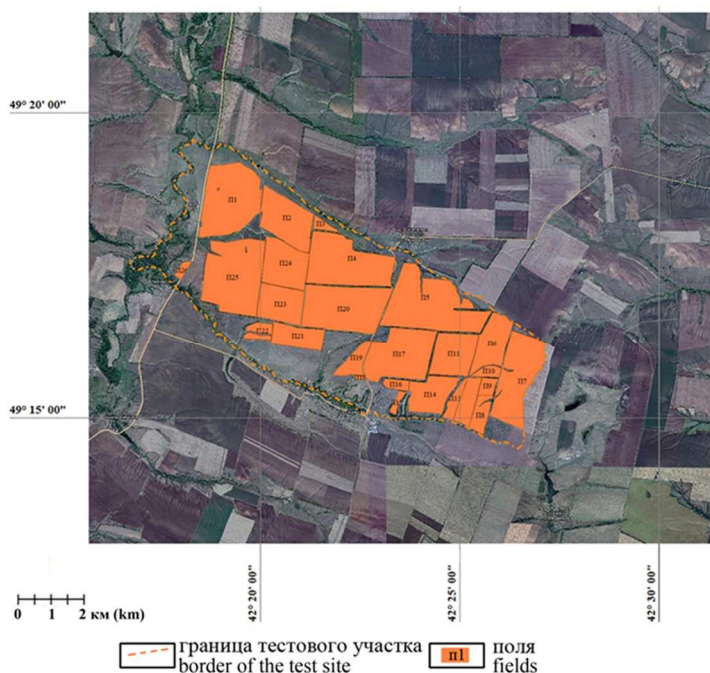


Рисунок 1 – Карта размещения участков пашни в агроландшафте тестового участка «Блиновский»

Figure 1 – Map of the placement of arable land plots in the agricultural landscape of the test site «Blinovsky»

Статистические характеристики пашни, выявленные на тестовом участке «Блиновский» приведены в таблице 2.

Совместный анализ почвенной карты Волгоградской области 1985 года, с разработанной картой размещения полей на тестовом участке «Блиновский» позволил дифференцировать поля по типам почв (рисунок 2) и установить, что 51,8 % площади занимают темно-каштановые среднесуглинистые с маломощным гумусовым горизонтом и темно-каштановые с солонцами каштановыми 10-25 % со средней водной эрозией, 48,2 % площади занимают темно-каштановые со средней водной эрозией.

Таблица 2 – Статистические характеристики полей на тестовом участке «Блиновский»

Table 2 – Statistical characteristics of the fields in the test site «Blinovsky»

№ поля/ № of the field	Периметр, км/ Perimeter, km	Площадь, га/ Square, ha	Минимальная высота, м/ Min elevation, m	Максимальная высота, м/ Max elevation, m	Средняя высота, м/ Average elevation, m	Стандартное отклонение высоты, м/ Standard deviation of elevation, m	Максимальный угол наклона склона, °/ Maximum slope, °	Средний угол наклона склона, °/ Average slope, °	Стандартное отклонение угла наклона склона, °/ Standard deviation of a slope, °
1	7,9	333,3	106,0	140,0	125,0	8,3	2,9	1,2	0,4
2	6,5	67,7	129,0	142,0	135,966	4,9	2,7	1,1	0,4
3	3,745	17,4	137,0	151,0	143,8	2,5	2,7	1,7	0,3
4	8,7	322,3	144,0	179,0	160,5	7,8	3,7	1,5	0,6
5	12,9	404,2	155,0	199,0	179,3	8,9	3,5	1,4	0,6
6	5,8	137,4	181,0	208,0	197,2	6,8	3,0	1,5	0,6
7	10,5	381,4	176,0	216,0	201,4	7,8	3,7	1,3	0,6
8	4,4	51,7	164,0	186,0	174,2	6,5	3,5	1,4	0,6
9	2,2	24,8	184,0	195,0	188,6	2,4	1,9	0,9	0,2
10	2,3	22,1	182,0	196,0	190,1	3,3	1,9	1,0	0,3
11	5,5	159,7	181,0	208,0	198,3	7,3	3,1	1,6	0,7
12	4,2	68,8	160,0	187,0	175,8	6,9	2,9	1,3	0,5
13	3,5	33,4	157,0	182,0	169,5	6,5	2,8	1,3	0,4
14	5,4	127,5	155,0	190,0	176,0	7,6	4,0	2,0	0,8
15	2,0	12,1	148,0	172,0	161,4	6,1	3,8	1,9	0,8
16	2,3	22,4	161,0	181,0	171,1	4,4	2,8	1,8	0,4
17	7,7	275,7	162,0	206,0	184,0	10,0	3,2	1,6	0,5
18	1,0	4,0	158,0	165,0	161,5	1,3	2,5	1,5	0,4
20	8,3	326,0	154,0	193,0	176,6	9,1	4,0	1,7	0,7
21	4,9	101,1	140,0	159,0	148,9	5,2	1,9	0,9	0,3
22	4,4	33,7	124,0	141,0	134,6	4,0	2,1	1,0	0,4
23	5,2	141,9	136,0	170,0	153,5	8,0	2,8	1,4	0,4
24	5,8	172,7	128,0	168,0	149,5	9,0	2,7	1,4	0,4
25	9,3	365,6	109,0	153,0	131,5	8,3	4,3	1,4	0,6
26	1,7	12,6	109,0	121,0	114,1	3,1	2,0	1,3	0,3
27	4,7	132,3	129,0	142,0	135,966	4,9	2,7	1,1	0,4
28	4,04	83,76	128,0	168,0	149,5	9,0	2,7	1,4	0,4

Поля № 23, 28, 20, 4, 3, 5 полностью входят в почвенный контур темно-каштановых, глинистых и тяжелосуглинистых карбонатных почвообразующих пород с маломощным гумусовым горизонтом со средней водной эрозией.

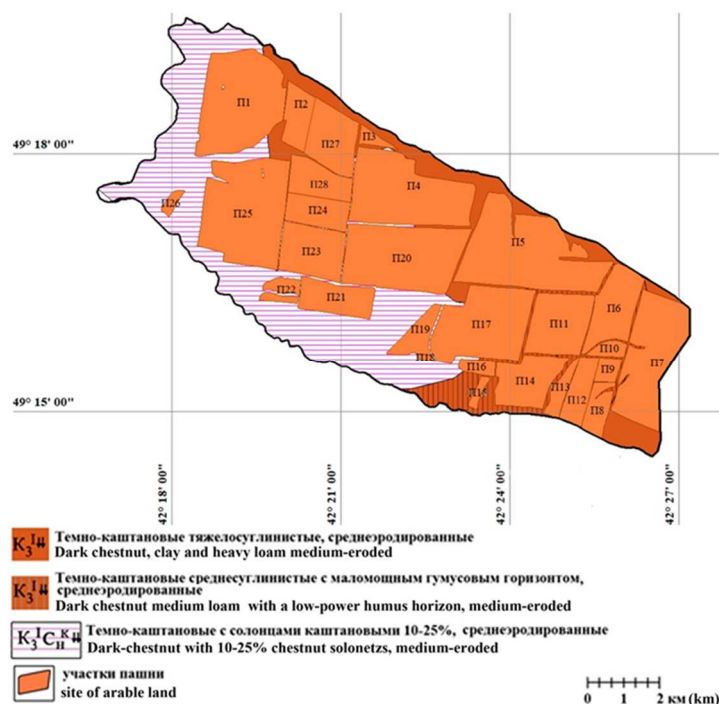


Рисунок 2 – Карта почв и размещения пашни в агроландшафте
тестового участка «Блиновский»

Figure 2 – Map of the soil and arable land placement in the agricultural landscape
of the test site «Blinovsky»

Поля под номерами 26, 19, 18, 15, 16, 14, 1, 11, 6, 13, 12, 8, 9, 7, 10 входят в контур почв темно-каштановых с солонцами каштановыми малогумусовыми 10-25 % со средней водной эрозией, занимая общую площадь 3396, 37 га. Пахотные земли под номерами 21, 22, 25, 17, 2, 24 расположены как на темно-каштановых почвах, так и на темно-каштановых с солонцами.

Для определения уровня деградации пашни на тестовом участке «Блиновский» были выбраны вспаханные поля под номерами 2, 4 и 24. С помощью компьютерных программ проведен анализ смыва почв исследуемых участков.

Большая часть почвы имеет уровень деградации «риск» – 55,4 %, или 74,8 га; 37,8 % (51,04 га) – уровень деградации «кризис»; «норма» представлена 4,1 % территории, или 5,51 га. Уровень деградации «бедствие» имеет минимальный процент почвы на опытном участке (2,7 %) (таблица 3, рисунок 3).

В ходе анализа состояния деградации почв на примере пашни № 2, 4, 24 на тестовом участке «Блиновский» выявлено, что пашни находятся на уровне «риск» и выполняют сельскохозяйственные функции.

Таблица 3 – Уровень деградации почв на тестовом участке
«Блиновский» на примере пашни №2, 4, 24

Table 3 – The level of the soil degradation in the test site
«Blinovsky» on the example of arable land №2, 4, 24

Уровень деградации / Degradation level	Средняя площадь пашни, га / Average area of arable land, ha	Средняя площадь пашни, га / Average area of arable land, ha
Норма / Norm	5,5	4,1
Риск/ Risk	74,8	55,4
Кризис/ Crisis	51,1	37,8
Бедствие/ Disaster	3,7	2,7

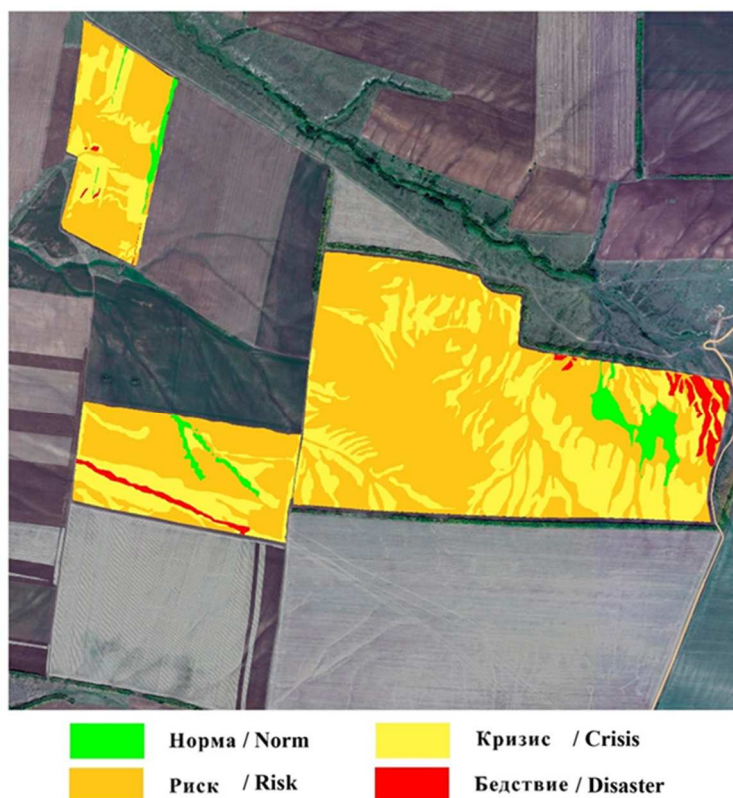


Рисунок 3 – Схема деградации пашни на тестовом участке «Блиновский»

Figure 3 – Scheme of arable land degradation in the test area «Blinovsky»

Выводы. Геоинформационный анализ активно используется для решения многих задач агропромышленного комплекса, в том числе мониторинга состояния пашни. Выполненный анализ современного состояния пашни Донской гряды с использованием космических снимков позволил установить распределение почвенных комплексов и установить уровни деградации тестовых полей. Опираясь на полученные данные, можно утверждать, что более половины всей исследованной территории (51,8 %) находится на комплексных темно-каштановых почвах, а деградация пашни связана в первую очередь с наличием смыва плодородного слоя. На территории исследований преобладают поля с уровнем деградации «риск», что составляет 55,4 % от общей площади. Уровню «норма» соответствует только 4,1 % площади полей. Таким образом, методический прием геоинформационного анализа аэрокосмической информации и совмещения тематических слоев ГИС (карта пространственного размещения полей, карта рельефа, почвенная карта и карта деградации) дает возможность определить пространственное распределение деградированных участков пашни, установить ее вид, оценить экономический ущерб от деградации, связанный с потерями дохода, а также разработать мероприятия по восстановлению плодородия почв в агролесоландшафтах.

Библиографический список

1. Кулик К. Н. Развитие агролесомелиоративной науки в России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №3 (35). С.12-19.
2. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юфев В. Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 4. С. 12-25.

3. Литвинов Е. А., Кочкарь М. М., Воробьева О. М. Водосборная структура и оценка агроэкологического состояния территории Доно-Чирского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4. С. 35-40.

4. Методология оценки эрозийного состояния агроландшафтов по материалам дистанционного зондирования / А. С. Рулев, Е. А. Литвинов, М. М. Кочкарь, О. М. Воробьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (24). С. 51-57.

5. Морозов А. В., Быкова Е. Н., Сулин М. А. Оценка размещения земельного участка крестьянского (фермерского) хозяйства с учетом пространственных условий использования территории // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2020. Т. 64. № 1. С. 93-103.

6. Сизов А. П., Хабаров Д. А., Хабарова И. А. Новые подходы к разработке методики формирования семантической информации мониторинга земель на основе обработки и анализа картографической информации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 4. С. 434-441.

7. Хабарова И. А., Непоклонов В. Б. Деградация земель юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2017. Т. 61. № 2. С. 111-115.

8. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202.

9. Litwin U., Bacior S., Piech I. Metodyka waloryzacji i oceny krajobrazu. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, 2009. P. 14-25.

10. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // Biosystems Engineering. 2013. №114. P. 358-371.

Conclusion. Geoinformation analysis is actively used to solve many tasks of the agro-industrial complex, including monitoring the state of arable land. The analysis of the current state of arable land in the Don ridge using satellite images allowed us to determine the distribution of the soil complexes and determine the levels of degradation of test fields. Based on the data obtained, it can be argued that more than half of the entire studied territory (51.8%) is located on the complex dark-chestnut soils, and degradation of the arable land is primarily associated with the presence of a washout of the fertile layer. The research area is dominated by fields with a "risk" level of degradation, which is 55.4% of the total area. The "norm" level corresponds to only 4.1% of the field area. Thus, the method of the geoinformation analysis of aerospace information and combining thematic layers of GIS (map of spatial distribution of fields, relief map, soil map and degradation map) makes it possible to determine the spatial distribution of the degraded areas of arable land, determine its type, estimate the economic loss from degradation associated with loss of earnings, and develop measures to the restore soil fertility in agroforestry landscapes.

Reference

1. Kulik K. N. Development of agroforestry science in Russia // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2014. №3 (35). P. 12-19.

2. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Remote cartographic assessment of degradation processes in agricultural landscapes of southern Russia // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex. Science and higher professional education. 2009, № 4. Pp. 12-25.

3. Litvinov E. A., Kochkar M. M., Vorobyova O. M. Catchment structure and assessment of agroecological condition of the territory of the don-Chir interfluvium // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex. Science and higher professional education. 2014. № 4. Pp. 35-40.

4. Methodology for assessing the erosion state of agricultural landscapes based on remote sensing materials / A. S. Rulev, E. A. Litvinov, M. M. Kochkar, O. M. Vorobyova // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2011. № 4 (24). - Pp. 51-57.

5. Morozov A. V., Bykova E. N., Sulin M. A. Assessment of the placement of the land plot of a peasant (farmer) economy taking into account the spatial conditions of use of the territory *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2020. V. 64. № 1. Pp. 93-103.

6. Sizov A. P., Khabarov D. A., Khabarova I. A. New approaches to the development of methods for forming semantic information for land monitoring based on the processing and analysis of cartographic information // *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2018. V. 62. № 4. P. 434-441.

7. Khabarova I. A., Nepoklonov V. B. Land Degradation in the South of the Russian Federation // *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2017. V. 61. № 2. P. 111-115.

8. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // *Journal of Forest Science*. 2019. №65. P. 195-202.

9. Litwin U., Bacior S., Piech I. Metodyka waloryzacji i oceny krajobrazu. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, 2009. P. 14-25.

10. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // *Biosystems Engineering*. 2013. №114. P. 358-371.

Authors Information

Sinelnikova Ksenia Pavlovna, junior researcher of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97).
E-mail: ksushasinelnikova@yandex.ru

Информация об авторе

Синельникова Ксения Павловна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). E-mail: ksushasinelnikova@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-19

METHODS FOR BASIC SOIL TREATMENT AND PEPPER YIELD IN THE PLAIN ZONE OF DAGESTAN

D. M. Ramazanov, D. S. Magomedova, S. A. Kurbanov

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov»*

Received 12.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article discusses the technology of cultivation of sweet pepper with dump and minimal surface tillage in combination with the regulation of the irrigation regime by drip irrigation.

Abstract

Introduction. The relevance of the research is due to the need to improve the complex of agrotechnical and reclamation techniques that contribute to the formation of sweet pepper yield over 60 t / ha under irrigation conditions. In the arid conditions of flat Dagestan, the realization of the productivity potential of vegetable crops is guaranteed only with irrigation. The existing and growing shortage of fresh water resources highlights the development and use of water and energy-saving irrigation technologies in combination with the improvement of agrotechnical methods of tillage and soil preparation. Research is relevant and timely, as it is aimed at increasing the productivity of the irrigated hectare. **Object.** The object of research is the planting of sweet pepper on the irrigated lands of lowland Dagestan. **Materials and methods.** The method of factorial field experiment was adopted as the main methodological approach to research; theoretical generalization and analysis of the results of previous studies made it possible to substantiate the hypothesis and methods for solving research problems. The evaluation of the results of the field experiment was carried out using methods of mathematical statistics. **Results and conclusions.** The experiments established that the most significant effect on im-

proving the agrophysical indicators of fertility of meadow medium loamy soil (soil density, porosity, structurally-aggregate composition) is exerted by the use of dump tillage by 0.23 ... 0.25 m. The influence of the main cultivation methods and levels is determined pre-irrigation humidity on weediness of crops and potential weediness of the root layer. It is proved that under the conditions of drip irrigation, minimization of the main tillage leads to an increase in the weediness of pepper plantations by 2.1 times. It was established that maintaining the moisture content of the root layer of the soil within 80 ... 100% HB by drip irrigation in combination with the main tillage to a depth of 0.23 ... 0.25 m improves the water-physical and phytosanitary indicators of fertility of meadow medium loamy soil, increases the efficiency of using irrigation water. The maximum yield of sweet pepper fruit 62.3 t / ha is achieved by combining dump tillage to a depth of 0.23 ... 0.25 m and maintaining a pre-irrigation moisture threshold in the soil layer of 0.5 m at a level of 80% HB.

Key words: bell pepper, drip irrigation, irrigation regime, water consumption, basic tillage, shallow tillage, weeds, yield

Citation. Ramazanov D. M., Magomedova D. S., Kurbanov S. A. Methods for basic soil treatment and pepper yield in the plain zone of Dagestan. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 185-195 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-19.

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

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

УДК 635.649:631.51:631.674.6(470.47)

ПРИЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРЦА В РАВНИННОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА

Д. М. Рамазанов, аспирант

Д. С. Магомедова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. А. Курбанов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет
имени М. М. Джамбулатова»

Дата поступления в редакцию 12.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Актуальность исследований обусловлена необходимостью совершенствования в условиях орошения комплекса агротехнических и мелиоративных приемов, способствующих формированию урожайности сладкого перца свыше 60 т/га. В засушливых условиях равнинного Дагестана реализация потенциала продуктивности овощных культур гарантируется только при орошении. Существующий и возрастающий дефицит пресных водных ресурсов выдвигает на первый план разработку и использование водо- и энергосберегающих технологий орошения в сочетании с совершенствованием агротехнических приемов обработки и подготовки почвы. Исследования актуальны и своевременны, так как направлены на повышение продуктивности орошаемого гектара. **Объект.** Объектом исследований являются посадки сладкого перца на орошаемых землях равнинного Дагестана. **Материалы и методы.** В качестве главного методологического подхода исследований принят метод факторного полевого эксперимента, теоретическое обобщение и анализ результатов ранее проведенных исследований позволили обосновать гипотезу и методы решения задач исследований. Оценка результатов полевого эксперимента выполнена с применением методов математической статистики. **Результаты и выводы.** Опытами установлено, что наиболее существенное влияние на улучшение агрофизических показателей плодородия луговой среднесуглинистой почвы (плотность почвы, пористость, структурно-агрегатный состав) оказывает применение отвальной обработки почвы на 0,23-0,25 м. Определено влияние способов основной обработки и уровней предполивной влажности на засоренность посевов и потенциальную засоренность корнеобитаемого слоя. Доказано, что в условиях капельного орошения минимизация основной обработки почвы приводит к повышению засоренности посадок перца в 2,1 раза. Установлено, что поддержание влажности корне-

обитаемого слоя почвы в пределах 80-100 % НВ проведением капельного орошения в сочетании с основной обработкой почвы на глубину 0,23-0,25 м улучшает водно-физические и фитосанитарные показатели плодородия луговой среднесуглинистой почвы, повышает эффективность использования поливной воды. Максимальная урожайность плодов сладкого перца 62,3 т/га достигается при сочетании отвальной обработки почвы на глубину 0,23-0,25 м и поддержании в слое почвы 0,5 м предполивного порога влажности на уровне 80 % НВ.

Ключевые слова: *перец сладкий, капельное орошение перца, режимы орошения перца, водопотребление перца сладкого, основная обработка почвы, мелкая обработка почвы, сорняки, урожайность перца сладкого.*

Цитирование. Рамазанов Д. М., Магомедова Д. С., Курбанов С. А. Приемы основной обработки почвы и урожайность перца в равнинной зоне Дагестана. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 185-195. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Перец сладкий – ценная овощная культура. Среди овощей он является рекордсменом по содержанию витамина С. В Республике Дагестан площади под перцем в основном сосредоточены в фермерских и личных подсобных хозяйствах, производящих свежую продукцию для потребления. Перец сладкий, требовательная к агротехнике культура, и высокорентабельной становится только у опытных овощеводов. Повышение урожайности и качество плодов за счет эффективных агротехнических приемов и грамотного подбора сортимента – это реальный путь к повышению доходности этой важной для здорового питания человека культуры [2, 5].

Сладкий перец возделывается во всех частях нашей планеты, где развито земледелие [2, 15]. Наибольшее распространение эта культура получила на своей родине – в центральной Америке, а также в странах азиатского континента. Не в меньшей степени он популярен и в странах Европейского сообщества, особенно в южных его территориях. В Российской Федерации, по данным И. А. Минакова [12], сладкий перец возделывают на площади 9-10 тыс. га, причем основная часть площадей в силу биологических особенностей вида сосредоточена в южных регионах страны.

Главный оценочный критерий при возделывании любой культуры – это объем и качество произведенной продукции. В современных условиях сельскохозяйственных товаропроизводителей в первую очередь интересуют не только результативность технологии, но и рыночная и экономическая целесообразность ее возделывания. Для увеличения промышленного производства сладкого перца в нашей республике необходимо изучение и внедрение эффективных приемов агротехники, способных поднять продуктивность и качество плодов сладкого перца [5, 9, 10].

В связи с нарастающей засушливостью климата в южных регионах страны и дефицитом пресных поливных вод, особое значение приобретают агротехнические приемы, направленные на экономное использование водных, невозобновляемых и трудовых ресурсов. Как считает С.А. Курбанов [8, 9], это особенно важно для Республики Дагестан, где основным способом орошения является поверхностное самотечное, основным недостатком которого является перерасход поливной воды и, связанное с этим, ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель и снижение экономических показателей хозяйств в зоне орошаемого земледелия.

В орошаемом земледелии одними из наиболее трудоемких и затратных элементов технологии возделывания любой культуры являются затраты на обработку почвы и проведение оросительных мелиораций [17, 19, 20, 21]. Учитывая, что овощеводство

республики мелкотоварное, т. к. на 95 % сосредоточено в личных подсобных хозяйствах [8, 15], то применение современных технологий весьма проблематично, что не способствует повышению урожайности и увеличению товарности произведенной продукции. Низкое финансово-экономическое состояние значительной части мелкотоварных сельскохозяйственных производителей заставляет искать пути повышения экономической отдачи от орошаемого гектара, что привело в последние годы к интенсивному распространению капельного орошения и попыток минимизации обработки почвы, особенно после пропашных предшественников [5, 17, 19].

Преимущества капельного орошения [2, 6] в сравнении с поверхностным самотечным способом, применяемым в республике на 99 % площадей [3], общеизвестны. По данным В. В. Бородычева [2, 3] и С. А. Курбанова [9], основные преимущества состоят в экономии воды, возможности проведения удобрительного орошения, снижении негативных нагрузок на агрофитоценозы, отсутствии вторичного засоления и ирригационной эрозии.

Однако для многих овощных культур, в том числе и для сладкого перца, в Республике Дагестан не определены перспективы минимизации обработки почвы в условиях орошения и недостаточно изучены режимы орошения при применении капельного орошения.

Материалы и методы. Цель исследований – повышение эффективности производства плодов перца на основе установления наиболее агротехнически эффективного приема основной обработки почвы и определения оптимального нижнего порога увлажнения активного слоя, обеспечивающих урожайность культуры на уровне не ниже 60 т/га.

Для осуществления поставленной цели в 2017-2019 гг. был заложен полевой опыт на среднераннем сорте сладкого перца Подарок Молдовы. С целью изучения онтогенеза растений сладкого перца под влиянием изучаемых факторов, на опытном поле Дагестанского ГАУ был заложен двухфакторный опыт по следующей схеме: по обработке почвы (фактор А): А₁ – вспашка на глубину 0,23-0,25 м (контроль) и А₂ – мелкая обработка на глубину 0,10-0,12 м; по уровням предполивной влажности активного слоя (фактор В): В₁ – предполивной порог влажности почвы не ниже 70% НВ, контроль, В₂ – порог не ниже 80 % НВ, В₃ – порог не ниже 90 % НВ. Данные уровни предполивной влажности почвы поддерживались в слое 0,5 м в течение всего периода вегетации перца с последним поливом за 15-20 дней до последнего сбора урожая.

Полевые исследования выполнялись на типичных для равнинной зоны республики, луговых почвах, по гранулометрическому составу – среднесуглинистых с содержанием гумуса в пахотном слое 3,32 %. Агрохимический анализ почвы показал, что обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом составляет 49,2 мг/кг, подвижным фосфором – 13,7 мг/кг и обменным калием – 265 мг/кг, что свидетельствует соответственно о средней, низкой и средней ее обеспеченности элементами питания.

Для проведения обработки почвы использовалась серийная техника: плуг ПЛН-5-35 и БДТ-3,0. Для поддержания влажности почвы в слое 0,5 м использовалась система капельного орошения продукции ЗАО «Мушарака» (Буйнакский район Республики Дагестан). В системе использовались капельные трубки с встроенными через 30 см полукомпенсированными капельницами расходом 2 л/ч. Агротехника возделывания перца была общепринятой [5]. Для изучения онтогенеза сладкого перца использовали рассаду возрастом 60-62 дня, которую высаживали в открытый грунт в 1 декаде мая по схеме 70×30 см. Для контроля над этапами развития растений перца под влиянием изучаемых факторов использовали методику полевого опыта в овощеводстве С. С. Литвинова [11].

Результаты и обсуждение. Проведенные трехлетние анализы по изучению водно-физических свойств почвы выявили существенное влияние на них приемов основной обработки почвы. Установлено варьирование основных водно-физических свойств в течение вегетационного периода (таблица 1). По ранее полученным С. А. Курбанов

вым и Д. С. Магомедовой данным [10], изменение водно-физических свойств выражается, прежде всего, в изменении плотности почвы и разрушении структурных агрегатов под действием приемов обработки и поливной воды.

Таблица 1 – Влияние приемов основной обработки почвы и орошения на водно-физические свойства луговой почвы

Table 1 – The Impact of the methods of primary tillage and irrigation on the water-physical properties of meadow soil

Показатели / Indicators	Отвальная обработка почвы на глубину 0,23...0,25 м / Dump tillage to a depth of 0.23...0.25m			Мелкая обработка почвы на глубину 0,10...0,12 м / Shallow tillage to a depth of 0.10...0.12m		
	70 % НВ	80 % НВ	90 % НВ	70 % НВ	80 % НВ	90 % НВ
Плотность почвы, т/м ³ / Soil density	<u>1,19*</u> 1,26	<u>1,19</u> 1,27	<u>1,20</u> 1,28	<u>1,27</u> 1,32	<u>1,28</u> 1,35	<u>1,28</u> 1,35
Водопроницаемость, мм/ч / Water permeability	153	149	143	123	118	106
Содержание водопрочных агрегатов, % / The content of water-resistant units	46,6	45,7	45,4	43,5	42,7	41,8

*в числителе плотность почвы в начале вегетации; в знаменателе в конце вегетации

Полученные данные по плотности пахотного слоя почвы показали, что уже в начале вегетации сладкого перца проявляется влияние на нее приемов основной обработки. Проведение отвальной обработки почвы (вспашки), независимо от уровней предполивной влажности почвы, способствует формированию менее уплотненного пахотного слоя при значении плотности 1,19 т/м³. Замена вспашки мелкой обработкой привело к уплотнению пахотного слоя на 7,6 %. В течение вегетации происходит уплотнение почвы на всех вариантах опыта, к концу вегетации при вспашке она приближается к равновесной плотности, а при мелкой обработке превышает равновесную плотность в среднем на 0,07 т/м³. Аналогичные закономерности отмечены В. М. Жидковым, Чамурлиевым О. Г. [7] и А. Ф. Витером [13].

Процесс уплотнения надо рассматривать как явление крайне нежелательное, так как в орошаемых условиях оно ухудшает строение пахотного слоя, уменьшает водопроницаемость, снижая глубину промачивания активного слоя и соответственно эффекта от капельного орошения.

Изменения в предполивных порогах влажности почвы оказали меньшее влияние на плотность активного слоя почвы. Повышение предполивного порога влажности с 70 % до 90 % НВ привело к росту объемной массы 0,02-0,03 т/м³, независимо от приема основной обработки почвы. Тенденция уплотнения пахотного слоя происходит вследствие уплотняющего действия поливной воды, а также в результате периодического увлажнения и подсыхания увлажняемого слоя [20, 21].

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что переход с отвальной обработки на мелкую обработку, приводит к снижению значений водопроницаемости в зоне смыкания контуров увлажнения на 22 %. Ухудшает значения водопроницаемости и повышение предполивных порогов влажности почвы, при этом повышение порога влажности при вспашке ухудшает водопроницаемость на 6,5 %, тогда как при мелкой обработке – на 13,8 %. Полученные данные свидетельствуют о прямо пропорциональной зависимости между плотностью почвы и ее водопроницаемостью, и связано это с уплотнением профиля пахотного слоя почвы и из-за более частых поливов, и наметившейся тенденции уменьшения содержания водопрочных агрегатов. В соответствии с агроэко-

логической оценкой водопроницаемости почвы [7, 15] почвы на варианте с отвальной обработкой относят к группе со значительной водопроницаемостью (более 150 мм/ч), а при мелкой обработке – к группе со средней водопроницаемостью (50-150 мм/ч).

Одним из наиболее достоверных интегральных показателей плодородия почвы и ее устойчивости к деградации является улучшение структурного состояния почвенного покрова. Важнейшим свойством почвенной структуры является ее водопрочность. Наши результаты по определению структурного состояния почвы в зависимости от изучаемых приемов агротехники показали на более высокую эффективность отвальной обработки в сравнении с мелкой, о чем свидетельствует рост количества водопрочных агрегатов и коэффициента водопрочности на 13,5 %. А. Ф. Витер [13] считает, что это связано с повышением микробиологической активности при отвальной обработке, которая создает лучшие условия для развития растений, способствует образованию большего количества корневой массы, что в свою очередь приводит к синтезу большего количества гуминовых кислот и созданию водопрочной структуры почвы.

Изучение водно-физических свойств почвы показало, что в условиях орошаемого земледелия отвальная обработка создает лучшие условия для роста и развития сладкого перца в сравнении с мелкой обработкой, что подтверждают и результаты изучения сорного фитоценоза.

По данным Г. И. Баздырева (2004 г.), мировые потери продукции основных сельскохозяйственных культур от сорняков и других вредных организмов составляют 30...40 % общего сбора урожая. По его мнению, рациональная и своевременная обработка почвы уменьшает засоренность малолетними и многолетними сорняками на 50-60 %.

Комплексный мониторинг пахотных земель Российской Федерации [1] показал, что она на 72,2 % засорена в сильной степени и на 21,0 % в средней степени. Поэтому наметившийся в нашем земледелии в последние годы крен на минимизацию обработки может привести к еще более сложной фитосанитарной ситуации на наших полях. При этом, по мнению академика В. И. Кирюшина (2006 г.), экономия горюче-смазочных материалов при минимизации обработки почвы может и не компенсировать затраты на борьбу с возросшей засоренностью.

Результатами наших исследований выявлено, что из двух изучаемых в полевом опыте факторов наибольшее влияние на количество и сырую массу сорняков оказала обработка почвы, нежели изменения в порогах влажности почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние приемов обработки почвы и уровней предполивной влажности почвы на засоренность посадок сладкого перца

Table 2 – The effect of soil cultivation techniques and levels of pre-irrigation soil moisture on the weediness of sweet pepper plantings

Показатели / Indicators	Отвальная обработка почвы на глубину 0,23...0,25 м / Dump tillage to a depth of 0.23...0.25m			Мелкая обработка почвы на глубину 0,10...0,12 м / Shallow tillage to a depth of 0.10...0.12m		
	70% НВ	80% НВ	90% НВ	70% НВ	80% НВ	90% НВ
Количество сорняков, шт./м ² / Quantity of weed	<u>21</u> 2	<u>20</u> 4	<u>21</u> 3	<u>43</u> 4	<u>46</u> 3	<u>43</u> 4
Сырая масса сорняков, г/м ² / Wet weight of weed	109,9	123,2	128,2	180,9	193,6	194,7
Потенциальная засоренность, млн. шт./га / Potential clogging	319	331	307	673	687	675

*в числителе малолетние сорняки; в знаменателе многолетние сорняки

Переход от традиционной отвальной обработки почвы к ресурсосберегающей обработке способствует усиленному росту сорной растительности и значительному увеличению потенциальной засоренности обрабатываемого слоя почв. В частности, при мелкой обработке почвы отмечается наибольшее количество сорняков, которые, по сравнению с контролем возрастают в среднем в 2,1 раза, в основном за счет значительного увеличения численности малолетних сорняков в сорном фитоценозе, а также на 57,6 % возрастает сырая масса сорной растительности.

Установлено также, что мелкая обработка способствует увеличению запаса жизнеспособных семян сорных растений в почве на 359 млн шт./га. И если при вспашке почвы на глубину 0,23-0,25 м основная часть семян с поверхности пахотного слоя проваливается в более глубокие горизонты почвы, где большая часть теряет свою жизнеспособность, то отказ от отвальной обработки приводит к концентрации семян сорняков в верхнем 0,10-0,12 м слое почвы. По сравнению с контролем мелкая обработка почвы приводит к увеличению как количества сорняков и их массы, так росту потенциальной засоренности почвы семенами.

Отмечено также, что минимизация основной обработки почвы под сладкий перец, по-видимому, за счет большего количества сорняков, приводит к уменьшению морфометрических показателей сорного растения и, как следствие, уменьшение его сырой массы. При отвальной обработке сырая масса сорняка составила 5,08 г, то при мелкой обработке почвы она уменьшилась до 3,98 г. В то же время отмечено, что на фоне отвальной обработки создаются лучшие условия и для роста сорного растения: так, масса сорняка при увеличении порога влажности с 70 до 90 % НВ возрастает на 11,7 %, а при мелкой обработке – только 7,5 %.

Таким образом, применение мелкой обработки почвы в условиях орошаемого земледелия способствует существенному увеличению засоренности посадок сладкого перца и потенциальной засоренности в 2,0-2,1 раза. Наименьшая засоренность обеспечивается при сочетании отвальной обработки почвы и предполивного порога влажности почвы на уровне 70 % НВ.

Наши исследования по изучению видового состава сорной растительности на посадках сладкого перца показали, что приемы основной обработки почвы оказывают влияние и на структуру фитоценоза сорняков. По мнению В. И. Кирюшина (2006 г.), сорный фитоценоз неоднозначно реагирует на плотность пахотного слоя, что приводит к изменению его видового состава. Нашими исследованиями в этом направлении было выявлено, что отказ от отвальной обработки приводит к увеличению численности поздних яровых (щетинник сизый и зеленый, щирца запрокинутая) на 35,4 % и на 14,7 % корневищных сорняков (хвощ полевой и свинорой пальчатый).

Одним из показателей ресурсосбережения в условиях орошаемого земледелия является коэффициент использования поливной воды (КИВ). Самый низкий КИВ был отмечен при сочетании вспашки и предполивного порога влажности активного 0,5 м слоя почвы 80 % НВ – 70,3 м³/т. Переход на ресурсосберегающую мелкую обработку почвы повышает КИВ на 29,5 м³/т. Хуже всего используется поливная вода на контрольном варианте (70 % НВ), где КИВ колеблется в пределах 95,9-131,1 м³/т.

От продуктивности работы ассимиляционного аппарата и величины усвоения им фотосинтетически активной радиации (ФАР) зависит урожайность возделываемых культур. Применение отвальной обработки на 0,23-0,25 м способствует усилению ростовых процессов и удлинению на фоне оптимального увлажнения длины вегетации, что создает благоприятные условия для развития ассимиляционной поверхности растений сладкого перца. Максимальная площадь ассимиляционного аппарата сформировалась при отвальной обработке и составила 25,6 тыс. м²/га, превышая площадь листьев на варианте с мелкой обработкой на 10,6 %. Продуктив-

ность работы листьев на образование органического вещества определяется продолжительностью и эффективностью их функционирования, определяемого по величине фотосинтетического потенциала (ФП).

Лучшие водно-физические и фитосанитарные условия, созданные при отвальной обработке, позволили благодаря более длительной работе листьев, накопить максимальный ФП и соответственно органическое вещество, что способствовало увеличению чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ).

Фотосинтетический потенциал при отвальной обработке возрос на 11,6 %, в среднем было накоплено 12,7 т/га органического вещества и рост ЧПФ до 3,19 г/м²·сутки, что соответственно на 37,8 и 25,6 % больше, чем при мелкой обработке почвы.

Главным критерием продуктивной работы ассимиляционного аппарата является коэффициент полезного действия ФАР, оценивающий эффективность усвоения солнечной энергии, сформированными под влиянием изучаемых факторов посадками сладкого перца. Замена вспашки мелкой обработкой почвы снизила продуктивность усвоения солнечной энергии на 28,9 %.

Определение показателей фотосинтетической деятельности посадок сладкого перца определили наиболее эффективное сочетание изучаемых факторов – отвальная обработка почвы на глубину 0,23-0,25 м + предполивной порог влажности активного слоя 80 % НВ. Это сочетание обеспечивает максимальное аккумулирование сухого вещества (14,4 т/га), величину ЧПФ (3,50 г/м²·сутки) и КПД ФАР всей продукции – 1,73 %, в т. ч. основной продукции – 1,02 %. Худшие показатели КПД ФАР основной продукции отмечены при мелкой обработке и поддержании жесткого режима орошения (70 % НВ) – 0,54 %.

Повышение эффективности использования естественных ресурсов на основе применения изучаемых приемов агротехники определяется их влиянием на продуктивность насаждений. Прием обработки почвы оказывает максимальное влияние на урожайность сладкого перца, которая при вспашке на 34,6 % выше, чем при мелкой обработке почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние приемов основной обработки почвы и уровней предполивной влажности почвы на урожайность сладкого перца, т/га

Table 3 - the Impact of the methods of primary tillage and levels of pre-irrigation soil moisture on the productivity of sweet pepper, t / ha

Предполивной порог влажности почвы, % НВ / Pre-irrigation threshold of soil moisture	Приемы основной обработки почвы / Methods of basic tillage		Средняя / Average
	Отвальная обработка почвы на глубину 0,23...0,25 м / Dump tillage to a depth of 0.23...0.25m	Мелкая обработка почвы на глубину 0,10...0,12 м / Shallow tillage to a depth of 0.10...0.12m	
70	48,4	35,4	41,9
80	62,3	43,9	53,1
90	54,8	43,7	49,2
Средняя / Average	55,2	41,0	-

НСР₀₅ (т/га) / LSD₀₅ (t/ha): для режимов орошения / for irrigation modes – 2,3; для способов обработки / for processing methods – 2,9; для взаимодействия факторов / for the interaction of factors – 3,4.

Уменьшение урожайности при мелкой обработке на 14,2 т/га вызвано неоптимальными водно-физическими и фитосанитарными условиями для функционирования растений и низкими показателями фотосинтетической деятельности сладкого перца. Уровни предполивной влажности активного слоя почвы также оказывают существенное влияние на урожайность культуры. Повышение предполивого порога влажности

активного слоя почвы независимо от приема обработки почвы приводит к росту урожайности в среднем на 11,2 т/га. Эффект от повышения предполивного порога до 80 % НВ лучше проявляется на фоне отвальной обработки, где рост урожайности составляет 13,9 т/га при максимальной урожайности 62,3 т/га, в то время как при мелкой обработке – только 8,5 т/га.

При поддержании предполивного порога не ниже 90 % НВ эффективность орошения снижается при обоих приемах обработки почвы в среднем на 3,9 т/га, причем существенно при вспашке.

Немаловажное значение для оценки эффективности изучаемых приемов возделывания имеет структура урожая, анализ которой свидетельствует о том, что рост урожайности при вспашке обеспечивается на 74,5 % за счет числа плодов на одном растении, и в меньшей степени за счет увеличения массы одного плода. Переход на мелкую обработку почвы привел к снижению числа плодов на одном растении на 19,3 % и массы одного плода на 4,6 %, что привело к снижению массы плодов, получаемых с одного растения на 25,1 % по сравнению с отвальной обработкой.

При почти одинаковой густоте посадок сладкого перца переход на мелкую обработку почвы привел к снижению числа плодов на одном растении на 22,0 % соответственно. Это, наряду со снижением массы одного плода на 8,4 %, привело к снижению массы плодов, получаемых с одного растения на 28,7 % по сравнению с отвальной обработкой. Влияние уровней предполивной влажности почвы на структуру урожая сладкого перца менее значительно по сравнению со способами обработки почвы.

Выводы. В орошаемых условиях Дагестана максимальную урожайность обеспечивает отвальная обработка почвы на 0,23-0,25 м, а применение ресурсосберегающей мелкой обработки снижает урожайность на 34,6 %. Применение капельного орошения на фоне отвальной обработки, благодаря улучшению водно-физических и фитосанитарных показателей плодородия почвы, способствует активизации фотосинтетической деятельности, повышению эффективности использования поливной воды на 41,9 %. Максимальная урожайность плодов сладкого перца достигается при сочетании отвальной обработки почвы на глубину 0,23-0,25 м и поддержании предполивного порога влажности почвы 80 % НВ – 62,3 т/га.

Conclusions. In the irrigated conditions of Dagestan, maximum yield is provided by dump tillage by 0.23-0.25 m, and the use of resource-saving small tillage reduces yield by 34.6%. The use of drip irrigation against the background of waste treatment, due to the improvement of water-physical and phytosanitary indicators of soil fertility, contributes to the activation of photosynthetic activity, increase the efficiency of use of irrigation water by 41.9%. The maximum yield of sweet pepper fruits is achieved by combining dump tillage to a depth of 0.23-0.25 m and maintaining a pre-irrigation threshold for soil moisture of 80% НВ - 62.3 t / ha.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / А. Л. Черногоров, П. А. Чекмарев, И. И. Васенев, Г. Д. Гогмачадзе. М.: Издательство Московского университета, 2012. 268 с.
2. Бородычев В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур. Коломна: ВНИИ «Радуга», 2010. 241 с.
3. Бородычев В. В., Гуренко В. М., Стешенко Е. С. Элементы адаптивной технологии выращивания сладкого перца и вопросы управления гидротермическим режимом посева в условиях Нижнего Поволжья // Научная жизнь. 2019. №8. С. 1194-1206.
4. Велижанов Н. М. Продуктивность и оценка качества сортов перца сладкого в Республике Дагестан // АгроФорум. 2019. №1. С. 53-55.
5. Гусейнов Ю. А., Якубов С. М., Алемсегова Г. К. Проблемы овощеводства открытого грунта Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2014. №3 (19). С. 99-101.

6. Дубенок Н. Н. Орошение экономит воду // Информационный бюллетень Минсельхоза России. 2019. № 8. С. 37- 39.
7. Жидков В. М., Чамурлиев О. Г. Основная обработка почвы в орошаемых севооборотах Нижнего Поволжья. Волгоград: ИПК ФГБОУ ВПО ВГАУ «Нива», 2013. 152 с.
8. Курбанов С. А. Проблемы мелиорации и пути ее развития в Дагестане // Вестник РАСХН. 2011. № 3. С. 32-33.
9. Курбанов С., Магомедова Д. Эффективная технология возделывания перца в орошаемых условиях Республики Дагестан // Главный агроном. 2014. № 8. С. 54-56.
10. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Шуаев М. М. Факторы высокой урожайности сладкого перца // Картофель и овощи. 2015. № 8. С. 21-24.
11. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Изд-во ВНИИО, 2011. 648 с.
12. Минаков И. А. Решение проблемы обеспечения населения овощной продукцией в условиях международных санкций // Вестник Мичуринского ГАУ. 2017. №3. С. 133-141.
13. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия: монография / А. Ф. Витер, В. И. Турусов, В. М. Гармашов, С. А. Гаврилова. М.: ИНФРА-М, 2014. 173 с.
14. Сельское хозяйство Дагестана, 2019. Махачкала: Изд-во МСХ РД, 2020. 33 с.
15. Экономика овощеводства: состояние и современность / А.В. Солдатенко, В.Ф. Пивоваров, А.Ф. Разин [и др.] // Овощи России. 2018. №5. С. 63-68.
16. 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. DOI: 10.1007/s00271-019-00655-1.
17. Camposeco-Montejo N., Robledo-Torres V., Ramirez-Godina F. Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil // Agronomy-Basel. 2018. V. 8. I. 7. № 111. DOI: 10.3390/agronomy8070111.
18. Dittmar P. J., Monks D. W., Jennings K. M. Tolerance of Bell Pepper to Herbicides Applied through a Drip Irrigation System // Weed technology. 2016. V. 30. № 2. P. 486-491. DOI: 10.1614/WT-D-15-00114.1.
19. Rice D. C. J., Cariveau R., Ting D. S.-K. Evaluation of Crop to Crop Water Demand Forecasting: Tomatoes and Bell Peppers Grown in a Commercial Greenhouse // Agronomy-Basel. 2017. V.7. I.12. № 104. DOI: 10.3390/agriculture7120104.
20. Slusarski C., Spotti C. A. Efficacy of chloropicrin application by drip irrigation in controlling the soil-borne diseases of greenhouse pepper on commercial farms in Poland // Crop protection. 2016. V. 89. P. 216-222. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.07.024.
21. Zhang Y., Yang Z., Yang H. Effects of different drip irrigation patterns on water distribution in potted Yunnan red loam and yellow-sand soil and pepper growth // Desalination and water treatment. 2018. V. 118. P. 1-11. DOI: 10.5004/dwt.2018.22325.

References

1. Agrojekologicheskaya ocenka zemel' i optimizaciya zemlepol'zovaniya / A. L. Chernogorov, P. A. Chekmarev, I. I. Vasenev, G. D. Gogmachadze. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012. 268 p.
2. Borodychev V. V. Sovremennyye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur. Kholmna: VNII "Raduga", 2010. 241 p.
3. Borodychev V. V., Gurenko V. M., Steshenko E. S. Jelementy adaptivnoj tehnologii vyraschivaniya sladkogo perca i voprosy upravleniya gidrotermicheskim rezhimom poseva v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Nauchnaya zhizn'. 2019. №8. P. 1194-1206.
4. Velizhanov N. M. Produktivnost' i ocenka kachestva sortov perca sladkogo v Respublike Dagestan // AgroForum. 2019. №1. P. 53-55.
5. Gusejnov Yu. A., Yakubov S. M., Alemsetova G. K. Problemy ovoschevodstva otkrytogo grunta Dagestana // Problemy razvitiya APK regiona. 2014. №3 (19). P. 99-101.
6. Dubenok N. N. Oroshenie jekonomit vodu // Informacionnyj byulleten' Minsel'hoza Rossii. 2019. № 8. P. 37- 39.

7. Zhidkov V. M., Chamurliov O. G. Osnovnaya obrabotka pochvy v oroshaemyh sevooborotah Nizhnego Povolzh'ya. Volgograd: IPK FGBOU VPO VGau "Niva", 2013. 152 p.
8. Kurbanov S. A. Problemy melioratsii i puti ee razvitiya v Dagestane // Vestnik RASXN. 2011. № 3. P. 32-33.
9. Kurbanov S., Magomedova D. Jeftektivnaya tehnologiya vozdeystviya perca v oroshaemyh usloviyah Respubliki Dagestan // Glavnyj agronom. 2014. № 8. P. 54-56.
10. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Shuaev M. M. Faktory vysokoj urozhajnosti sladkogo perca // Kartofel' i ovoschi. 2015. № 8. P. 21-24.
11. Litvinov S. S. Metodika polevogo opyta v ovoshevodstve. M.: Izd-vo VNIIO, 2011. 648 p.
12. Minakov I. A. Reshenie problemy obespecheniya naseleniya ovoschnoj produkciej v usloviyah mezhdunarodnyh sankcij // Vestnik Michurinskogo GAU. 2017. №3. P. 133-141.
13. Obrabotka pochvy kak faktor regulirovaniya pochvennogo plodorodiya: monografiya / A. F. Viter, V. I. Turusov, V. M. Garmashov, S. A. Gavrilova. M.: INFRA-M, 2014. 173 p.
14. Sel'skoe hozyajstvo Dagestana, 2019. Mahachkala: Izd-vo MSX RD, 2020. 33 p.
15. Jekonomika ovoshevodstva: sostoyanie i sovremennost' / A. V. Soldatenko, V. F. Pivovarov, A. F. Razin [i dr.] // Ovoschi Rossii. 2018. №5. P. 63-68.
16. 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. DOI: 10.1007/s00271-019-00655-1.
17. Camposeco-Montejo N., Robledo-Torres V., Ramirez-Godina F. Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil // Agronomy-Basel. 2018. V. 8. I. 7. № 111. DOI: 10.3390/agronomy8070111.
18. Dittmar P. J., Monks D. W., Jennings K. M. Tolerance of Bell Pepper to Herbicides Applied through a Drip Irrigation System // Weed technology. 2016. V. 30. № 2. P. 486-491. DOI: 10.1614/WT-D-15-00114.1.
19. Rice D. C. J., Cariveau R., Ting D. S.-K. Evaluation of Crop to Crop Water Demand Forecasting: Tomatoes and Bell Peppers Grown in a Commercial Greenhouse // Agronomy-Basel. 2017. V.7. I.12. № 104. DOI: 10.3390/agriculture7120104.
20. Slusarski C., Spotti C. A. Efficacy of chloropicrin application by drip irrigation in controlling the soil-borne diseases of greenhouse pepper on commercial farms in Poland // Crop protection. 2016. V. 89. P. 216-222. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.07.024.
21. Zhang Y., Yang Z., Yang H. Effects of different drip irrigation patterns on water distribution in potted Yunnan red loam and yellow-sand soil and pepper growth // Desalination and water treatment. 2018. V. 118. P. 1-11. DOI: 10.5004/dwt.2018.22325.

Author information

Ramazanov Dolgat Magomedovich, graduate student of the Department of Agriculture, Soil Science and Land Reclamation FSBEI HE "Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova. " Phone: 8-989-888-98-80, E-mail: rdm84@mail.ru

Magomedova Diana Sultanovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agriculture, Soil Science and Land Reclamation, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova. " Phone: 8-903-428-23-42, E-mail: mds-agro@mail.ru

Kurbanov Serazhutdin Aminovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head. Department of Agriculture, Soil Science and Land Reclamation, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova. " Phone: 8-964-016-75-50, E-mail: kurbanovsa@mail.ru

Информация об авторах

Рамазанов Долгат Магомедович, аспирант кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова». Тел.: 8-989-888-98-80. E-mail: rdm84@mail.ru

Магомедова Диана Султановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова». Тел.: 8-903-428-23-42. E-mail: mds-agro@mail.ru

Курбанов Серажутдин Аминович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия, почвоведения и мелиорации ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова». Тел.: 8-964-016-75-50. E-mail: kurbanovsa@mail.ru

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-20

RESEARCH OF POLYMORPHISM OF MYOSTATIN GENE IN MONGOLIAN CATTLE

I. F. Gorlov^{1,2}, G.V. Fedotova¹, M. I. Slozhenkina¹, E. U. Anisimova¹, D. A. Mosolova¹,
Tsitsige¹

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production,
Volgograd*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

Received 17.12.2019

Submitted 27.04.2020

*The work was carried out under a grant from the President
of the Russian Federation NSh-2542.2020.11*

Summary

The article studies the genetic potential of cattle of the Mongolian breed, which acted as the ancestor of many meat-oriented breeds, including the Kalmyk breed of cattle imported from China. Interest in the Mongolian breed is dictated by the increase in the number of Kalmyk cattle in Russia. To this end, the article analyzes the polymorphism of the MSTN gene in Mongolian cattle, which will form the directions for further genetic improvement of Kalmyk cattle.

Abstract

Introduction. Studying the genetic characteristics of Mongolian cattle will be of interest to Russian breeders involved in breeding and studying the economic and biological characteristics of animals of the Kalmyk cattle breed, to identify related parameters and evidence of their common historical origin. **Object.** The object of research was the properties of the polymorphism of the MSTN gene of the Mongolian cattle breed. **Materials and methods.** Cattle research was carried out on the territory of a farm in the Bayangol district of the Mongolian Autonomous Region of China. **Results and conclusion.** To study the polymorphism of the MSTN gene in Mongolian cattle, 18 blood samples were obtained in the Bayangol Autonomous Region of Xinjiang (China). Primers have been developed for the coding region of the myostatin gene (MSTN). The studies were carried out using molecular genetic diagnostic methods: PCR amplification and sequencing. The results showed that the coding region of the myostatin gene of Mongolian cattle contains 1128 base pairs. A nucleotide polymorphism locus, which contains two types of nucleotides (C 55.6% and T 44.4%) was found in the samples investigated. It means that European cattle (T), zebu (C) and yak (C) have similar haplotypes. This shows that there is a certain genetic link between Mongolian and European cattle, zebu and / or yak, but it is impossible to determine whether Mongolian cattle have a genetic link with zebu or yak. A study of these cattle breeds will help to understand the origin of the Kalmyk breed of cattle, which was migrated with the Mongol-Kalmyk tribes from western China more than 400 years ago. In fact, over the entire period of its existence in the territory of the South of Russia, animals have not lost their breeding traits, on the contrary, they have strengthened the most powerful qualities and deservedly occupy the first place among beef cattle breeds. The unique qualities of this breed of livestock require a more in-depth study and search for the ancestors of the breed at its origin.

Key words: *myostatin; mongolian cattle; nucleotide polymorphism.*

Citation. Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Anisimova E. U., Mosolova D. A., Tsitsige Study of MSTN gene polymorphism in Mongolian cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 196-205 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-20.

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

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

УДК 632.2.082.12:575.113.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА MSTN
У МОНГОЛЬСКОГО СКОТА****И. Ф. Горлов^{1,2}**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН**Г. В. Федотова¹**, доктор экономических наук, доцент**М. И. Сложенкина¹**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН**Е. Ю. Анисимова¹**, кандидат биологических наук**Д. А. Мосолова¹**, младший научный сотрудник**Цицигэ¹**, соискатель¹Поволжский научно-исследовательский институт мясомолочной продукции, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Работа выполнена по гранту Президента РФ НШ-2542.2020.11

Актуальность. Изучение генетических особенностей монгольского скота будет представлять интерес для российских селекционеров, занимающихся разведением и изучением хозяйственно-биологических особенностей животных калмыцкой породы крупного рогатого скота для выявления родственных параметров и возможности использования знаний генетических особенностей животных в селекционном процессе. **Объект.** Объектом исследований послужили свойства полиморфизма гена MSTN монгольской породы крупного рогатого скота. **Материалы и методы.** Исследование крупного рогатого скота было проведено на территории фермерского хозяйства в Баянголском районе Монгольского АО Китая. **Результаты и выводы.** Для исследования полиморфизма гена MSTN у крупного рогатого скота монгольской породы были отобраны 18 образцов крови. Для кодирующей области гена миостатина (MSTN) были разработаны праймеры. Исследования выполнялись с помощью методов молекулярно-генетической диагностики: ПЦР-амплификации и секвенирования. Результаты показали, что кодирующая область гена миостатина монгольского крупного рогатого скота содержит 1128 пар оснований. В исследуемых образцах был обнаружен локус нуклеотидного полиморфизма, содержащий два типа нуклеотидов (С 55,6 % и Т 44,4 %), по которому европейский крупный рогатый скот (Т), зебу (С) и як (С) имеют схожие гаплотипы. Это показывает, что между монгольским и европейским скотом, зебу и/или яком существует определённая генетическая связь. Изучение данных пород крупного рогатого скота позволит понять происхождение калмыцкой породы скота, который был перекочеван с монголо-калмыцкими племенами из западной части Китая более 400 лет назад. Фактически за весь период своего существования на территории Юга России животные не утратили своих племенных признаков, наоборот, усилили наиболее ценные качества и заслуженно занимают первое место в строке среди пород скота мясной направленности. Однако для совершенствования уникальных качеств калмыцкого скота необходимы более глубокие знания генетических особенностей предков этой породы в местах ее зарождения.

Ключевые слова: миостатин, монгольский скот, монгольские породы КРС, нуклеотидный полиморфизм.

Цитирование. Горлов И. Ф., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Анисимова Е.Ю., Мосолова Д.А., Цицигэ. Исследование полиморфизма гена MSTN у монгольского скота. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 196-205. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-20.

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. Генетические особенности монгольского скота представляют особый интерес для селекционеров нашей страны, так как эти животные являются предками калмыцкой породы крупного рогатого скота. В настоящее время удельный вес калмыц-

кого скота в общей численности мясного поголовья по стране превышает 40 %. Разведением животных этой породы занимаются во многих регионах России (Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Центральный, Сибирский, Дальневосточный федеральные округа). Кроме того, данный скот в последние годы вывозят в такие страны, как Республика Казахстан, Монголия, Турция, Республика Азербайджан, Иран, Республика Грузия, Армения и др.

В России имеется 18 племенных заводов, 78 племенных репродукторов. Наиболее крупными племенными являются ОАО ПР Шатта – 2024 голов (Калмыкия), СПК «Ханата» – 2348 голов (Калмыкия), ООО «Агрофирма Уралан» – 4418 голов (Калмыкия), СПК «Мыла» – 1763 голов (Бурятия), колхоз им. Скиба – 1640 голов (Ростовская область). По общему количеству племенных животных первое место в России занимает Республика Калмыкия – 72 400 голов, второе – Ростовская область – 28 174 голов, третье – Республика Бурятия – 16 081 голов.

В настоящее время одной из основных задач в работе с крупным рогатым скотом калмыцкой породы является повышение племенных и продуктивных характеристик животных с сохранением уникальных качеств и генетического разнообразия породы.

Животные этой уникальной породы, перемещенные из Китая более 400 лет назад, и разводимые в специфических природно-климатических условиях Калмыкии, отличаются от монгольского скота как по генетическим, так и по фенотипическим особенностям, поскольку постоянно улучшались за счет создания зональных типов, линий и семейств. Следует предположить, что изучение полиморфизма гена MSTN у монгольского скота позволит наметить перспективные научно-обоснованные направления по дальнейшему совершенствованию генетического потенциала калмыцкого скота.

Отметим, что монгольский скот представляет собой группу крупного рогатого скота, разводимого в Северной и Восточной Азии. Эти животные морфологически и генетически отличаются от Ближневосточной группы, от которой произошел европейский крупный рогатый скот и, возможно, они были одомашнены независимо друг от друга.

Среди турано-монгольского скота значимыми породами являются монгольская и китайская желтая. Монгольская порода крупного рогатого скота – это древняя местная порода с длинной историей, в Китае ее также называют монгольской желтой. Монгольский скот широко распространен в северных провинциях Китая (Внутренняя Монголия, на северо-западе Китая, Баян-Гол-Монгольский автономный округ Синьцзяна, на северо-востоке Китая), в Монголии и России. Также некоторые страны центральной Азии занимаются разведением данной породы. Монгольский скот относится как к молочной, так и к мясной направленности, характеризуется хорошим качеством мяса и молока, устойчив к холоду, жаре, болезням, охотно поедает грубые корма, отличается высокими адаптационными способностями [13]. Средняя живая масса быков составляет 300 – 400 кг, масса коров – 280-380 кг, масса новорожденных телят – около 15 кг. В течение долгого времени люди разводили этот скот, внимательно следили за происхождением и развитием, генетическим разнообразием, сохранением и устойчивым его использованием.

Китайская желтая порода крупного рогатого скота характеризуется наличием многочисленных генетических полиморфизмов. Считается, что северный желтый крупный рогатый скот в значительной степени был подвержен воздействию европейского крупного рогатого скота, южный желтый крупный рогатый скот в значительной степени был подвержен влиянию зебу, а желтый крупный рогатый скот Центральной равнины влиянию как европейского, так и зебу [4]. ChenYouchun [6], основываясь на локусах белка крови и характеристиках Y-хромосомы, дополненных экстерьерными показателями, а также характеристиками цвета шерсти и историческими данными, считает, что китайский желтый скот

может иметь четыре источника происхождения: обыкновенный крупный европейский скот, индийской зебу, бантенг и гаур. Другие ученые считают, что як также оказал определенное влияние на родословную желтого скота в Китае, особенно в западных пастбищных районах [9]. Изучение генетического полиморфизма ДНК жёлтых пород крупного рогатого скота показало, что китайский жёлтый крупный рогатый скот может иметь три материнские основы происхождения с преобладанием европейского крупного рогатого скота и зебу [7]. Однако окончательное определение происхождения китайского скота требует ее глубоких исследований на основе разных методических подходов.

Генетически разницу между китайским желтым крупным рогатым скотом и европейским скотом можно увидеть в мтДНК гаплогрупп. Из пяти мтДНК гаплогрупп (Т, Т1, Т2, Т3, Т4), найденных в существующих породах крупного рогатого скота, Т2, Т3 и Т4 выявляются в турано-монгольской группе. При этом Т4 является уникальной для данной группы пород. Т встречается как в ближневосточных, так и европейских породах, в то время как Т1 – только в африканских и ближневосточных породах (с низкой частотой). Т2 встречается во всех трех регионах Евразии, и лишь с низкой частотой – в европейских и турано-монгольских породах. Т3 является общей для всех регионов Евразии, редко встречается в Африке.

Принимая европейский скот в качестве примера, по сравнению с другими породами крупного рогатого скота, отмечаем, что монгольский скот имеет более низкие уровни нуклеотидных вариаций в митохондриальных геномах, а монгольский крупный рогатый скот обычно представлен как обычный крупный рогатый скот [5, 12]. Другие исследователи считают, что в монгольской популяции крупного рогатого скота существует богатое генетическое разнообразие от определённого гена [3].

Известный белок миостатин, формирующийся в клетках мышечной ткани животных и выделяющийся в дальнейшем в кровяное русло, при этом подавляет развитие мышечной ткани. Диффундируя в кровь, данный белок оказывает свое воздействие на мышцы за счет связывания с рецепторами ACVR2B (activintype II receptor).

В последние годы выявлена крайне интересная мутация гена миостатина (MSTN) – nt821(del11), приводящая к усиленному формированию мышечной массы у животных, более известная как феномен «двойной мышцы». Установлено, что мутации, приводящие к уменьшению выработки миостатина, приводят к повышенному росту мышечной ткани. В некоторых регионах Китая ведется селекционная работа на отбор животных с характерным признаком «двойные мышцы» для улучшения продуктивных качеств местного скота. Ген MSTN кодирует 376 аминокислот и имеет 3 экзона. Хотя этот ген относительно невелик, как показывают исследования, он имеет высокую мутацию в процессе эволюции [8]. Однако стоит отметить, что развитие «двойной мускулатуры» у животных связано с такими негативными последствиями, как снижение репродуктивной способности и затруднения при отелах.

Как известно, основным источником производства говядины в странах постсоветского пространства остаётся молочное и мясомолочное скотоводство, поэтому сегодня крайне важна работа по наращиванию высокопродуктивного поголовья мясных пород скота.

На эффективность производства животноводческой продукции оказывает влияние множество факторов, наиболее значительными из которых являются генетический потенциал животных, условия их кормления и содержания. При этом генетическое совершенствование существующих пород – это крайне трудоемкий и длительный процесс, поскольку большинство экономически значимых показателей имеют полигенную природу, т.е. определяются многими генами [1].

Первоначально генетическая экспертиза применялась для повышения эффективности селекции и основывалась на исключении близкородственного разведения. Но, как показали работы многих отечественных и зарубежных исследователей, сущность генетического контроля не должна сводиться только лишь к установлению достоверности происхождения того или иного потомка.

Поэтому в дальнейшей работе селекционеры стали использовать различные полиморфные системы, позволяющие контролировать генетическую структуру популяций и пород, тем самым оценивая степень их генетического сходства. Данный метод способствовал оценке влияния систем разведения животных на генетическую структуру стада и вместе с исследованиями динамики продуктивных качеств животных являлся критерием выбора селекционной стратегии. В современных условиях этот прием приобретает еще большее значение.

Также в ходе различных экспериментов было установлено, что наиболее оптимальным и перспективным оказалось использование в качестве маркерных систем полиморфных нуклеотидных последовательностей ДНК, позволяющих тестировать генетический полиморфизм непосредственно на уровне генов, а не на уровне их продуктов, как в случае использования метода белкового полиморфизма. ДНК-маркеры позволяют решить проблему насыщения генома маркерами и маркировать практически любые участки ДНК, в том числе некодирующие [1, 10].

Чтобы более подробно объяснить генетические характеристики монгольского скота и способствовать дальнейшему использованию его генетических ресурсов, в эксперименте использовалась популяция Синьцзян-монгольского скота, проанализирована нуклеотидная последовательность гена MSTN и его разнообразие в исследуемой популяции.

Материалы и методы. Для определения полиморфизма гена MSTN у 18 монгольских голов крупного рогатого скота в автономном районе Баянгол, Синьцзян были отобраны гематологические пробы. Кровь, полученную из яремной вены животных, вносили в пробирки с 600 мкл этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) до конечного объема 10 мл. Выделение ДНК из крови проводили с использованием комплекта реагентов для выделения геномной ДНК из цельной крови (на основе экстракции фенол-хлороформом).

Разработка праймеров и реакция амплификации. Праймеры для ПЦР были синтезированы согласно последовательности, указанной в источнике GenBank Accession AB0764403 (Shanghai Ji Kang Biotechnology Co., Ltd). Праймер 1 (прямой F: пере5'-ggcttggcgttactcaaa agc-3', обратный R: 5'-ctcctccttacatagaagccagcag-3') содержит экзон 1 и часть 5'-регуляторной последовательности, праймер2 (прямой F: 5'-gttcatagattgatatggaggtgtgtg-3'; обратный R: 5'-ataagcacaggaaactggttagttatt-3') и праймер 3 (прямой F: 5'-gaaatgtgacataagcaaaatgattag-3' обратный R: 5'-atactctag-gcttagcctgtggt-3') содержат экзон 2 и экзон 3 соответственно.

Конечный объем реакционной смеси с образцом ДНК 25 мкл содержит 1xBuffer, ионы Mg^{2+} 2,5 мкмоль/л, dNTP 400 мкмоль/л, праймеры 0,4 мкмоль/л, полимеразу Taq DNA1 ед., матрицу (ДНК) 1 мкл. Режимы амплификации: предварительная денатурация 94 °C - 3 мин; 35 циклов: 94 °C - 30 с, отжиг 51 °C - 30 с, элонгация 72 °C - 30 с; заключительный синтез 72 °C - 3 мин; дальнейшее хранение продуктов амплификации при температуре - 4 °C.

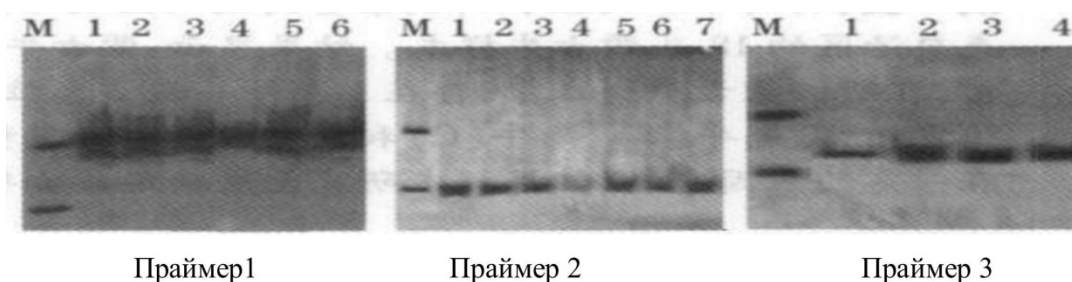
Определение последовательности амплифицированных фрагментов. Продукты ПЦР подвергали электрофорезу в 1,2% агарозном геле или 10% геле ПААГ для определения размера, чистоты и концентрации. Далее продукты ПЦР очищали и секвенировали в Shanghai SANGON Biotechnology Co., Ltd.

Сравнение генетической последовательности. Полученные последовательности сравнивали и анализировали с помощью программного обеспечения DNASTar.

Результаты и обсуждение.

Результаты ПЦР-амплификации трансляции.

Синтезированы три пары праймеров, выделена геномная ДНК от 18 голов монгольского крупного рогатого скота, проведена реакция амплификации методом ПЦР, получены три разновидности продуктов амплификации (рисунок 1). Размер продукта ПЦР, амплифицированного с использованием праймера 1, составил 600 п.н. (AB076403 – 572 п.н.), праймера 2 - 555 п.н., праймера 3 - 589 п.н.



М – Маркер молекулярной массы, 1-7 образец

Рисунок 1 – Результаты амплификации гена MSTN крупного рогатого скота монгольской породы

Figure 1 – Results of amplification of the MSTN gene of Mongolian cattle

Результаты определения последовательности.

Путем секвенирования были получены 3 экзонные последовательности гена MSTN из 18 образцов монгольского скота (таблица 1). Структурное расположение последовательностей трех экзонов в геноме показано на рисунке 2.

Таблица 1 – Экзонные последовательности гена MSTN у монгольского крупного рогатого скота

Table 1 – Exon MSTN gene sequences in Mongolian cattle

Экзонная последовательность

Exon sequence

1	1	ATGCAAACTGCAAAATCCCTGTTTATATTACCTATTTATGCTGATTGTTGCTGGCCAG
	61	TGGATCTGAATGAGAACAGCAGCAGAGGAAAATGTGGAAAAAGAGGGCTGTGTAAT
	121	GCATGTTTGTGGAGGGAAAACACTACATCCTCAAGACTAGAAGCCATAAAATCCAAATC
	181	CTCAGTAAACTTCGCCTGGAAACAGCTCCTAACATCAGCAAAGATGCTATCAGACAATT
	241	TTGCCAAGGCTCCTCCACTCCTGGAAGTATTGATCAGTTCGATGTCCAGAGAGATGCC
	301	AGCAGTGACGGCTCCTTGGAAAGACGATGACTACCACGCCAGGACGGAAACGGTCATTACC
	361	ATGCCACCGAGTGT
2	376	GATCTTCTAACGCAAGTGGAAGGAAAACCCAAATGTTGCTTCTTTAAATTTAGCTCTAAG
	436	ATACAATACAATAAACTAGTAAAGGCCCAACTGTGGATATATCTGAGGCCTGTCAAGACT
	496	CCTGCGACAGTGTGTTGTCAAATCCTGAGACTCATCAAAACCATGAAAGACGGTACAAGG
	556	TATACTGGAATCCGATCTCTGAAACTTGACATGAACCCAGGCACTGGTATTGGCAGAGC
	616	ATTGATGTGAAGACAGTGTGTCAGAACTGGCTCAAACAACCTGAATCCAACCTTAGGCATT
	676	GAAATCAAAGCTTTAGATGAGAATGGCCATGATCTTGCTGTAACTTCCCAGAACCCAGGA
	736	GAAGATGGACTG
3	748	ACTCCTTTTGTAGAAGTCAAGGGAACAGACATCCCAAAAGATCTAGGAGAGATTTGGG
	808	CTTGATGTGATGAACACTCCACAGAATCTCGATGCTGCTGTTACCTCTAACTGTGGAT
	868	TTTGAAGCTTTGGATGGGATTGGATTATTGCACCTAAAGATATAAGGCCAATTACTGC
	928	TCTGGAGAATGTGAATTTGTATTTTGTCAAAAGTATCCTCATACCCATCTTGTGCACCAA
	988	GCAAACCCAGAGGTTTCAGCCGGCCCTGTGTACTCTACAAAGATGTCTCAATTAAT
	1048	ATGCTATATTTAATGGCGAAGGACAAATAATATACGGGAAGATTCCAGCCATGGTAGTA
	1108	GATCGCTGTGGGTGTTTCATGA

Примечание: буква в квадрате означает полиморфный сайт, Y означает T или C

Анализ последовательности. Данные по европейскому крупному рогатому скоту (GenBank Accession №AB076403), зебу (GenBank Accession № AY794986) и яку (GenBank Accession № AY787760) использовали в качестве ссылок. Было установлено, что существует один полиморфный локус из всех трех последовательностей экзонов гена MSTN у 18 голов монгольского крупного рогатого скота. В этом полиморфном локусе монгольский крупный рогатый скот содержит два типа нуклеотидов (С55,6 % и Т44,4 %), европейский крупный рогатый скот (Т), зебу (С) и як (С) - каждый тип (таблица 2).

Анализ генетического разнообразия. На основании результатов секвенирования 18 образцов установлено, что средняя степень различия нуклеотидов в каждом локусе составила 0,09 %, что отражает крайне низкое генетическое разнообразие. Однако выявлено, что существует определенная генетическая связь между монгольским скотом и европейским скотом, зебу и яком.

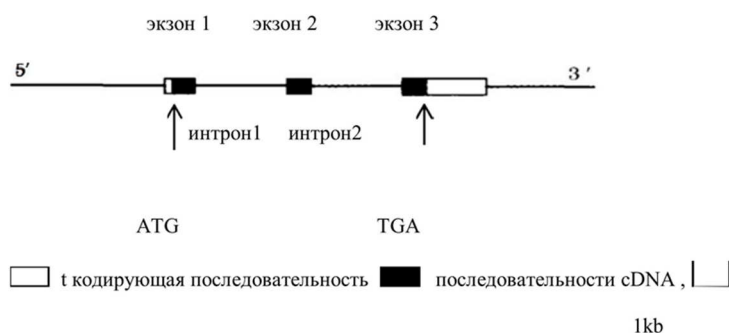


Рисунок 2 – Конструктивная схема гена миостатина (MSTN) крупного рогатого скота

Figure 2 – Structural scheme of the myostatin gene (MSTN) in cattle

Таблица 2 – Результаты сравнения полиморфных последовательностей

Table 2 – Comparison of polymorphic sequences

Ген / Gene	Результат сравнения (414bp) Comparison Result (414bp)
Монгольский скот(MG) / Mongolian cattle (MG)	Y (C55.6%/ T44.4%)
Европейский скот AB07 03 / European cattle AB07 03	T
Зебу AY794986 / Zebu AY794986	C
Як AY787760 / Yak AY787760	C

Выводы. Китайский скот в основном происходит от зебу и обыкновенного скота. Обычно считается, что монгольский крупный рогатый скот является представителем обыкновенного крупного рогатого скота на севере, он имеет монгольское происхождение (Turano Mongolian) и отличается от короткорогатого скота (bachryseros) и первобытного быка (primigenius) обычного крупного рогатого скота в Европе. В этом исследовании ген MSTN монгольского крупного рогатого скота идентичен гену обычного европейского крупного рогатого скота (AB07 03), за исключением того, что монгольский крупный рогатый скот имеет разнообразие (с / т) на экзоне 414, а европейский обыкновенный крупный рогатый скот – только Т. Таким образом, доказательств того, что монгольский скот отличается от обычного скота в Европе, нет.

По расположению центromеры Y-хромосомы можно выделить происхождение отцовской линии желтого крупного рогатого скота. Y-хромосома зебу находится рядом с центromерой, а Y-хромосома обычного крупного рогатого скота является средней или

субцентромерной. Разница между Y-хромосомами этих двух пород крупного рогатого скота является генетическим маркером для изучения происхождения желтого крупного рогатого скота. Y-хромосома монгольского крупного рогатого скота представляет собой хромосому, представляющую собой беспиловый желтый крупный рогатый скот, сформированный на основе обычного крупного рогатого скота (*Bostaurus*). В последние годы при изучении цитогенетики китайского крупного рогатого скота было также обнаружено, что Y-хромосома не только существует среди пород, но также существует внутри пород. Chen Hong и др. и Lei Hongchao в изучении филогенетической взаимосвязи митохондриальной ДНК между крупным рогатым скотом, буйволами, яками, дикими яками и бизонами сгруппировали желтую породу скота (JNI, YNI) с яками. В этом исследовании монгольский крупный рогатый скот имеет разнообразие (C / T) на экзоне 414, в то время как зебу и як являются гаплотипами (C). Существует определенный генетический обмен между монгольским скотом и яком. Но согласно результатам этого исследования, все еще невозможно сказать, какая часть генетической информации происходит от зебу, а какая – от яка, или существует ли связь только с одним из них [2, 11].

Локус крупного рогатого скота Ag-NOR является видоспецифичным, и на основании изучения разнообразия монгольского скота на участке Ag-NOR считается, что существуют различия в генетической структуре популяций монгольского скота, и это различие может отражать географическое распределение двух популяций.

Кроме того, исследований степени генетической вариативности мтДНК до сих пор проведено недостаточно. Степень вариативности нуклеотидов мтДНК монгольского скота составляет 0,219 %, что находится в пределах диапазона, который считается низким генетическим разнообразием (0,15 %, 0,47 %). Это исследование также показывает, что генетическое разнообразие монгольского скота низкое. Подобные исследования показывают разные уровни генетического разнообразия в разных локусах у разных пород крупного рогатого скота.

Анализ публикаций по данной тематике и проведенные экспериментальные исследования углубляют знания по генетическим особенностям монгольского скота и позволят на более высоком уровне проводить селекционно-племенную работу с крупным рогатым скотом родственной породы – калмыцкой.

Библиографический список

1. Economic and biological peculiarities of golshchinsky breed cows of different ecological-genetic types / I. F. Gorlov, A. S. Ovchinnikov, A.S. Mokhov, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova, A. R. Karetnikova, N. I. Mosolova, M. I. Slozhenkina // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. V. 13. N7. P. 2562- 2570.
2. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds / I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, Y. A. Kolosov, L. V. Getmantseva, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, A. Y. Kolosov // *Rendiconti Lincei*. 2018. V. 29. № 1. P. 61-66.
3. Genjjeva O. B., Moiseikina L. G., Kirishov O. A. Genetic examination of cattle of the Kalmyk breed // *Veterinary Medicine of the Kuban*. 2011. N 6. P. 28-31.
4. Hong C., Runfeng Z., Xiaofeng L. The Y chromosome genetic diversity and evolutionary origin of Chinese local cattle // *Journal of Genomics and Applied Biology*. 2009. V. 28. N5. P. 1032-1038.
5. Inference of population structure of purebred dairy and beef cattle using high-density genotype data / M. M. Kelleher, D. P. Berry, J. F. Kearney, S. Mcparland, F. Buckley, D. C. Purfield // *Animal*. 2017. N11. P. 15-23. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001099>.
6. Jiang Yu, Lei Chuchao Experts of our school published an article in Nature-Communication for the first time to prove that East Asian cattle have three different origins // *Journal of China Cattle Science*. 2018. V. 44. N3. P. 97.
7. Mitochondrial diversity and phylogeographic structure of native cattle breeds from Yunnan, Southwestern China /R. Li, C. Li, H. Liu, B. Zeng, H. Xiao, S. Chen // *Livest Sci*. 2018. N 214. P. 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.003>.

8. Polymorphism of the genes MSTN, TG5, CAPN1 in meat breeds of cattle of Belarus / O. A. Epishko, N. I. Sonic, V. K. Pestis Kuzmin [et al.] // Agriculture - problems and prospects. Collection of scientific papers. Grodno, 2017. P. 68-75.

9. Polymorphisms in the bovine hemoglobin-beta gene provide evidence for gene-flow between wild species of Bos (Bibos) and domestic cattle in Southeast Asia / K. Tanaka, T. Takizawa, T. Dorji [et al.] // Anim Sci. 2011. №82. P. 36-45. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00808.x>.

10. Productivity and biological value of milk of cows of various eco-genetic types / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, O. Yu. Mishina, E. S. Vorontsova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341. N1. article № 012043.

11. Synbiotic yoghurt with walnut and cereal brittle added as a next-generation bioactive compound: development and characteristics / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, T. N. Barmina, V. V. Shishova, O. P. Serova // Food Science & Nutrition. 2019. V. 7. № 8. P. 2731-2739.

12. Tay G. K. The development of sequence-based-typing of myostatin (GDF-8) to identify the double muscling phenotype in the goat // Journal of Small Ruminant Research. 2004. V. 52. P. 1-12.

13. Whole-genome resequencing reveals world-wide ancestry and adaptive introgression events of domesticated cattle in East Asia / N. Chen, Y. Cai, Q. Chen [et al.] // Nat Commun. 2018. № 9. P. 2337. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04737-0>.

Conclusion. Chinese cattle mainly come from zebu and ordinary cattle. Mongolian cattle are generally thought to be representative of ordinary cattle in the north, they are of Mongolian origin (Turano Mongolian) and are different from short-cattle (bachryseros) and primitive bull (primigenius) of ordinary cattle in Europe. In this study, the MSTN gene of Mongolian cattle is identical to the gene of ordinary European cattle (AB07 03), except that Mongolian cattle have a variety (s / t) on exon 414, and European cattle only T Thus, there is no evidence that Mongolian cattle are different from ordinary cattle in Europe.

According to the centromere location of the Y chromosome, the origin of the paternal line of yellow cattle can be distinguished. The zebu Y chromosome is near the centromere, and the normal cattle Y chromosome is medium or subcentromeric. The difference between the Y chromosomes of these two cattle breeds is a genetic marker for studying the origin of yellow cattle. The Y chromosome of Mongolian cattle is a chromosome that is peakless yellow cattle formed from ordinary cattle (Bostaurus). In recent years, when studying the cytogenetics of Chinese cattle, it was also found that the Y chromosome not only exists among polymorphisms among breeds, but also exists within breeds. Chen Hong et al. and Lei Hongchao in the study of the phylogenetic relationship of mitochondrial DNA between cattle, buffaloes, yaks, wild yaks and bison, grouped the yellow cattle breed (JNI, YHI) with yaks. In this study, Mongolian cattle have diversity (C / T) on exon 414, while zebu and yak are haplotypes (C). There is a certain genetic exchange between Mongolian cattle and yak. But according to the results of this study, it is still impossible to say which part of the genetic information comes from the zebu and which comes from the yak, or whether there is a connection with only one of them [12, 13].

The Ag-NOR cattle locus is species-specific, and based on the study of the diversity of Mongolian cattle in the Ag-NOR site, it is believed that there are differences in the genetic structure of Mongolian cattle populations, and this difference may reflect the geographical distribution of the two populations.

In addition, studies of the degree of mtDNA genetic variability are still insufficient. The degree of mtDNA nucleotide variability of Mongolian cattle is 0.219%, which is within the range considered to be low genetic diversity (0.15%, 0.47%). This study also shows that the genetic diversity of Mongolian cattle is low. Similar studies show different levels of genetic diversity at different loci in different cattle breeds.

Analysis of publications on this topic and experimental studies will allow at a higher level to carry out selection and breeding work with cattle of Kalmyk breed.

Authors Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. S.-kh. sciences, professor, Scientific director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6), Head department food technology Volgograd State Technical University (400131, Volgograd, Russia, Av. Lenina 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Fedotova Gilian Vasilievna, Doctor of Economics. sciences, associate professor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, corresponding member RAS, Dr. b. sciences, professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6). E-mail: slozhenkina@mail.ru

Anisimova Elena Yurevna, candidate of biological sciences, Deputy Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Darya Alexandrovna, junior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Tsitsige, job seeker Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6). E-mail: nutug123@gmail.com

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), заведующий кафедрой пищевых технологий Волгоградского государственного технического университета (400131, Волгоград, Россия, пр. Ленина д. 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Федотова Гилян Васильевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: slozhenkina@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, заместитель директора Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Дарья Александровна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, Рокоссовского, 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Цицигэ, соискатель Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: nutug123@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-21

FEATURES OF ZONE ARRANGEMENT OF DON SHEEP AND GOAT BREEDING

Yu. A. Kolosov¹, N. G. Chamurliiev², N. F. Illarionova¹, V. Kh. Fedorov¹

¹Don State Agrarian University

²Volgograd State Agrarian University

Received 16.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article reflects the features of sheep and goat breeding in the Rostov region of the Russian Federation. It was revealed that in comparison with the indicators of five years ago, the number of don sheep and goats decreased by 3.2% and totals 1181.8 thousand heads in 2018. The decline in livestock did not affect the production of lamb and goat meat, which increased by 57.6% over five years. Wool production (in physical weight) fell by 4.8 %, due to a decrease in animal productivity. There is a low concentration of sheep and goats in agricultural organizations, both in the structure of the population of natural-agricultural zones of placement, and in the structure of the General regional population.

Abstract

Introduction. The Rostov region has developed a zonal specialization of agricultural production, which is based on natural, climatic, environmental and other factors. I zone-North-West-cattle and pig breeding with developed grain production, unites 9 districts. II-North-Eastern-cattle-grain with developed pig and poultry farming, it includes 9 districts. III-Central irrigated-cattle-vegetable-growing with developed viticulture and rice-growing, includes 6 districts. IV-Priazovskaya-cattle and grain farming with developed suburban economy, unites 8 districts. V-South is a grain and cattle breeding area with developed pig farming, it has 6 districts. VI zone-Eastern-sheep-grain with developed beef cattle breeding, includes 5 districts. In the Azov zone, the average bonus is 62 points, in the Central, North-Western and North-Eastern zones-58, 54 and 49 points, respectively. The least fertile arable soils are located in the Eastern zone with an average bonitet of 32 points. The largest pasture area in the Eastern and North-Western zones is 851.0 and 587.2 thousand ha, respectively, and the smallest is in the southern (137.6 thousand ha) and Azov (151.4 thousand ha) zones.

Object. The object of research was the livestock of sheep and goats in the Rostov region and their placement in various natural and economic zones. **Materials and methods.** The data available on the official websites of the Ministry of agriculture and food of the Rostov region and Rostovstat were used as the material for the study. the data were used to analyze the placement, formation and development of sheep and goat breeding. The work was performed using methods of comparative and categorical analysis, tabular methods of data visualization. **Results and conclusion.** Over the past five years, the number of sheep and goats in the Rostov region has decreased by 3.2%, or 38.3 thousand heads, and amounted to 1181.8 thousand heads at the end of 2018. The decrease in livestock did not affect the production of lamb and goat meat, which over the five-year period increased by 57.6 %, or by 4.9 thousand tons and amounted to 13.4 thousand tons (in slaughter weight) in 2018. Wool production decreased by 4.8 %, or by 158 tons (in physical weight) to the level of 2014 and by 3.5% to the level of 2017.in territorial terms, more than half of the don sheep and goat population, both commercial and breeding herds, is concentrated in the VI Eastern zone – 63.1-64.0%. However, in 2018, the number of sheep and goat herds in the Eastern zone did not increase, but decreased by 2.2% compared to 2017. In 2018, 306639 heads of sheep and goats (98.1% compared to 2017), or 40.6% of the population of the Eastern zone, are grown on spacious pastures of the Remontnensky district with a length of about 200 thousand hectares. In second place, Dubovsky district with a population equal to 174,310 heads in 2018 and increased the population by 2.8 % to the level of 2017. The North-Western zone occupies the second place in the number of sheep and goats, its share in the don livestock is six times less than the share of the Eastern zone and is 9.8-10.3 % for the period 2012-2018. The leader of this zone is Bokovsky district with 18,880 heads of sheep and goats and an increase in their number by 3.2 % to the level of 2017. The share of sheep and goats in the bokovsky district is 15.5 % in the total population of the North-Western zone. The North-Western and North-Eastern zones have pastures of 587.2 and 387.7 thousand hectares, respectively, but along with sheep farming, cattle breeding is developing here. The smallest number of agricultural animals. organizations are located in the Central irrigated zone – 1606 heads, or 0.1 % of the total regional livestock), the North-Western and Azov zones-3033 (0.3 %) and 3424 (0.3 %) heads, respectively. Agricultural organizations in the Eastern zone together contain 46,495 heads of sheep and goats, or 3.9 % of the region's livestock structure. The largest part of sheep and goats of agricultural organizations of the Eastern zone is grown in remontnenskoye (23627 heads), Zimovnikovsky (8852 heads), Zavetinsky (8851 heads) districts. In s.-x. in the southern zone, 0.9% of sheep and goats (11261 heads) and 0.5 % (6484 heads) are raised in the North-Eastern zone of the General regional livestock. Don sheep and goat farming is developing in the farms of the population and farms that contain 361834 and 344946 heads in the YI Eastern zone, respectively, or 30.6 and 29.2 % of the total regional livestock. The largest part of farm sheep and goats in the Eastern zone is grown in Zavetinsky and Remontnensky districts – 717756 and 190303 heads, respectively. In the Azov and North-Eastern zones, sheep farming is not developed: farms in the Azov zone contain only 0.2 % (2136 heads), and in the North-Eastern zone – 0.4 % (4303 heads) of the total number of sheep and goats in the region.

Key words: goat breeding, sheep breeding, zonal placement, comparative data, Rostov region.

Citation. Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Illarionova N. F., Fedorov V. Kh. Features of zone arrangement of don sheep and goat breeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 205-214 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-21.

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 636.3.082(470.61)

ОСОБЕННОСТИ ЗОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДОНСКОГО ОВЦЕВОДСТВА И КОЗОВОДСТВА

Ю. А. Колосов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Г. Чамурлиев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Ф. Илларионова¹, кандидат экономических наук, доцент
В. Х. Федоров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Донской государственный аграрный университет

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 16.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. В Ростовской области сложилась зональная специализация аграрного производства, которая базируется на основе природных, климатических, экологических и других факторов. I зона – северо-западная – скотоводческо-свиноводческая с развитым зернопроизводством, объединяет 9 районов. II – северо-восточная – скотоводческо-зерновая с развитым свиноводством и птицеводством, в нее входят 9 районов. III – центральная орошаемая – скотоводческо-овощеводческая с развитым виноградарством и рисосеянием, включает 6 районов. IV – приазовская – скотоводческо-зерновая с развитым пригородным хозяйством, объединяет 8 районов. V – южная – зерново-скотоводческая с развитым свиноводством, в ней насчитывается 6 районов. VI зона – восточная – овцеводческо-зерновая с развитым мясным скотоводством, включает 5 районов. В приазовской зоне средний бонитет равен 62 балла, в центральной, северо-западной и северо-восточной – 58, 54 и 49 баллов, соответственно. Наименее плодородные пахотные почвы находятся в восточной зоне со средним бонитетом, равным 32 балла. Наибольшая площадь пастбищ в восточной и северо-западной зонах – 851,0 и 587,2 тыс. га, соответственно, а наименьшая – в южной (137,6 тыс. га) и приазовской (151,4 тыс. га) зонах.

Объект. Объектом исследований послужило поголовье овец и коз Ростовской области и их размещение в различных природно-экономических зонах. **Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили данные, имеющиеся на официальных сайтах Минсельхозпрода Ростовской области и Ростостата, на основании которых проведен анализ размещения, формирования и развития овцеводства и козоводства. При выполнении работы были использованы методы сравнительного и категориального анализа, табличные приемы визуализации данных.

Результаты и заключение. За последние пять лет численность поголовья овец и коз в Ростовской области снизилась на 3,2 %, или на 38,3 тыс. голов и составила на конец 2018 года 1181,8 тыс. голов. Снижение поголовья не повлияло на производство мяса баранины и козлятины, которое за пятилетний период выросло на 57,6 %, или на 4,9 тыс. тонн и составило в 2018 г. 13,4 тыс. тонн (в убойном весе). Производство шерсти снижено на 4,8 %, или на 158 тонн (в физическом весе) к уровню 2014 г. и на 3,5 % к уровню 2017 г. В территориальном отношении более половины донского поголовья овец и коз, как товарных стад, так и племенных, сосредоточено в VI восточной зоне – 63,1-64,0 %. Однако в 2018 году численность овце-козопоголовья восточной зоны не увеличилась, а уменьшилась на 2,2 % к уровню 2017 года. На просторных пастбищах Ремонтненского района протяженностью порядка 200 тысяч гектар выращивалось в 2018 году 306 639 голов овец и коз (98,1 % к уровню 2017 г.), или 40,6 % от поголовья восточной зоны. На втором месте Дубовский район с поголовьем, равным 174310 голов в 2018 году и увеличившим поголовье на 2,8 % к уровню 2017 года. Северо-западная зона занимает второе место по численности поголовья овец и коз, ее доля в донском поголовье в шесть раз меньше доли поголовья восточной зоны и составляет 9,8-10,3 % за период 2012-2018 гг. Лидером этой зоны является Боковский район с содержанием 18880 голов овец и коз и ростом их численности на 3,2 % к уровню 2017 года. Доля овце-козопоголовья Боковского района составляет 15,5 % в

общем поголовье северо-западной зоны. Северо-западная и северо-восточная зоны располагают пастбищами в 587,2 и 387,7 тыс. га, соответственно, но наряду с овцеводством здесь развивается скотоводство. Наименьшее поголовье с.-х. организаций размещается в центральной орошаемой зоне – 1606 голов, или 0,1 % общеобластного поголовья), северо-западной и приазовской зонах – 3033 (0,3 %) и 3424 (0,3 %) голов, соответственно. Сельхозорганизации восточной зоны в совокупности содержат 46495 голов овец и коз, или 3,9 % в структуре поголовья области. Наибольшая часть овец и коз с.-х. организаций восточной зоны выращивается в Ремонтненском (23627 голов), Зимовниковском (8852 головы), Заветинском (8851 голова) районах. В с.-х. организациях южной зоны выращивается 0,9 % поголовья овец и коз (11261 голова) и 0,5 % (6484 головы) в северо-восточной зоне общеобластного поголовья. Донское овцеводство и козоводство развивается в хозяйствах населения и фермерских хозяйствах, содержащих в VI восточной зоне 361 834 и 344 946 голов, соответственно, или 30,6 и 29,2 % общеобластного поголовья. Наибольшая часть фермерских овец и коз восточной зоны выращивается в Заветинском и Ремонтненском районах – 717 756 и 190 303 голов, соответственно. В приазовской и северо-восточной зонах фермерское овцеводство не развито: фермерские хозяйства приазовской зоны содержат только 0,2 % (2136 голов), а северо-восточной – 0,4 % (4303 голов) от общей численности поголовья овец и коз области.

Ключевые слова: козоводство, овцеводство, зональное размещение овцеводства, овцеводческие регионы.

Цитирование. Колосов Ю. А. Чамурлиев Н. Г., Илларионова Н. Ф., Федоров В. Х. Особенности зонального размещения донского овцеводства и козоводства. *Известия НВ АУК.* 2(58). 205-214. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-21.

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. В Ростовской области сложилась зональная специализация аграрного производства, которая базируется на основе природных, климатических, экологических и других факторов. Несмотря на принадлежность края к овцеводческим регионам, овцеводство и козоводство развито не во всех его зонах. В регионе выделяется шесть природно-сельскохозяйственных зон, имеющих разные характеристики. I зона – северо-западная – скотоводческо-свиноводческая с развитым зернопроизводством, объединяет 9 районов. II – северо-восточная – скотоводческо-зерновая с развитым свиноводством и птицеводством, в нее входят 9 районов. III – центральная орошаемая – скотоводческо-овощеводческая с развитым виноградарством и рисосеянием, включает 6 районов. IV – приазовская – скотоводческо-зерновая с развитым пригородным хозяйством, объединяет 8 районов. V – южная – зерново-скотоводческая с развитым свиноводством, в ней насчитывается 6 районов. VI зона – восточная – овцеводческо-зерновая с развитым мясным скотоводством, включает 5 районов [1, 3, 9-12]. Первые пять зон характеризуются теплым климатом с неустойчивым и недостаточным увлажнением. Восточная зона острозасушливая с явлениями опустынивания и высокой долей солонцов. Наиболее плодородные почвы имеет южная зона, средний бонитет ее пахотных почв составляет 67 баллов. В приазовской зоне средний бонитет равен 62 балла, в центральной, северо-западной и северо-восточной – 58, 54 и 49 баллов, соответственно. Наименее плодородные пахотные почвы находятся в восточной зоне со средним бонитетом, равным 32 балла. Наибольшая площадь пастбищ в восточной и северо-западной зонах – 851,0 и 587,2 тыс. га, соответственно, а наименьшая – в южной (137,6 тыс. га) и приазовской (151,4 тыс. га) зонах.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили данные, имеющиеся на официальных сайтах Минсельхозпрода Ростовской области и Ростостата [5, 6, 8], на основании которых проведен анализ размещения, формирования и развития овцеводства и козоводства. При выполнении работы были использованы методы сравнительного и категориального анализа, табличные приемы визуализации данных.

Результаты и обсуждение. За последние пять лет численность поголовья овец и коз в Ростовской области снизилась на 3,2 %, или на 38,3 тыс. голов и составила на конец 2018 года 1181,8 тыс. голов [8] (таблица 1).

Таблица 1 – Поголовье овец и коз, производство мяса и шерсти
в Ростовской области, 2014-2018 гг.

Table 1 – Sheep and goats, meat and wool production in Rostov region, 2014-2018 years

Показатель / Indicator	Год / Year				2018 г. к 2012 г., % / 2018 by 2012,%	2018 г. к 2014 г., % / 2018 by 2014,%	2018 г. к 2017 г. % / 2018 by 2017,%
	2012	2014	2017	2018			
Поголовье овец и коз, тыс. голов / Number of sheep and goats, thousand heads	1046,2	1220,1	1225,5	1181,8	112,9	96,9	96,4
Баранина и козлятина – мясо (в убойном весе), тыс. тонн / Lamb and goat - meat (in slaughter weight), thousand tons	8,1	8,5	12,5	13,4	165,4	157,6	107,2
Шерсть (в физическом весе), тонн / Wool (in physical weight), tons	2807	3312	3269	3154	112,4	95,2	96,5

Снижение поголовья не повлияло на производство мяса баранины и козлятины, которое за пятилетний период выросло на 57,6 %, или на 4,9 тыс. тонн и составило в 2018 г. 13,4 тыс. тонн (в убойном весе). Производство шерсти снижено на 4,8 %, или на 158 тонн (в физическом весе) к уровню 2014 г. и на 3,5 % к уровню 2017 г. Темп спада производства шерсти опережает темп снижения поголовья за счет снижения продуктивности животных. В территориальном отношении более половины донского поголовья овец и коз как товарных стад, так и племенных сосредоточено в VI восточной зоне – 63,1-64,0 %. Однако в 2018 году численность овце-козопоголовья восточной зоны не наращивалась, а уменьшилась на 2,2 % к уровню 2017 года (таблица 2).

Ремонтненский район является явным лидером овцеводства и козоводства восточной зоны. На просторных пастбищах этого района, протяженностью порядка 200 тысяч гектар, выращивалось в 2018 году 306 639 голов овец и коз (98,1 % к уровню 2017 г.), или 40,6 % от поголовья восточной зоны. На втором месте Дубовский район с поголовьем, равным 174 310 голов в 2018 году и увеличившим поголовье на 2,8 % к уровню 2017 года. Нарастивалось поголовье к уровню прошлого года в Зимовниковском и Орловском районах на 0,2 и 0,5 %, соответственно, а в Заветинском районе – уменьшилось на 11,1 %. Овцеводство в этих районах позволяет обеспечить трудовую занятость населения.

Северо-западная зона занимает второе место по численности поголовья овец и коз, ее доля в донском поголовье в шесть раз меньше доли поголовья восточной зоны и составляет 9,8-10,3 % за период 2012-2018 гг. Лидером этой зоны является Боковский район с со-

держанием 18 880 голов овец и коз и ростом их численности на 3,2 % к уровню 2017 года. Доля овце-козопоголовья Боковского района составляет 15,5 % в общем поголовье северо-западной зоны. Северо-западная и северо-восточная зоны располагают пастбищами в 587,2 и 387,7 тыс. га, соответственно, но, наряду с овцеводством, здесь развивается скотоводство.

Таблица 2 – Размещение поголовья овец и коз по природно-сельскохозяйственным зонам, 2017-2018 гг., голов

Table 2 – Placement of sheep and goats in natural and agricultural zones, 2017-2018 years, heads

Природно-сельскохозяйственная зона / Natural and agricultural zone	Показатель / Indicator	Год / Year			2018 г. в % к / 2018 in % to	
		2012	2017	2018	2012 г.	2017 г.
Ростовская обл. / Rostov Region	Всего	1046208	1225482	1181786	112,9	96,4
	Уд. вес, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
I. Северо-западная / Northwest	Итого	102425	124672	121731	118,8	97,6
	Уд. вес, %	9,8	10,2	10,3	105,1	101,0
II. Северо-восточная / Northeast	Итого	85744	97429	95368	11,2	97,9
	Уд. вес, %	8,2	7,9	8,1	98,8	101,9
III. Центральная / Central	Итого	79295	93802	80792	101,9	86,3
	Уд. вес, %	7,6	7,6	6,8	89,5	89,5
IV. Приазовская / Azov	Итого	32838	47117	42906	130,7	91,1
	Уд. вес, %	3,1	3,8	3,6	116,1	94,7
V. Южная / Southern	Итого	76724	85251	82248	107,2	96,5
	Уд. вес, %	7,3	6,9	6,9	94,5	100,0
VI. Восточная / East	Итого	664341	772940	756162	113,8	97,8
	Уд. вес, %	63,5	63,1	64,0	100,8	101,4

Характерной особенностью современного состояния и развития донского овцеводства и козоводства является содержание в личных подсобных хозяйствах населения более 60 % поголовья овец и коз. В сельхозорганизациях содержится 6,1 % от общего поголовья. Одной из важных биологических особенностей овец является высокая степень адаптации к условиям среды обитания и климату [2, 4, 7, 13, 14]. Это позволяет разводить их в самых разных природно-экологических условиях.

Удельный вес овец и коз сельскохозяйственных организаций (СХО) как в структуре поголовья зон размещения, так и в структуре общего областного поголовья показывает низкую концентрацию поголовья этого сектора и его незначительную роль в развитии донского овцеводства и козоводства. Кроме того, ни в одной из шести зон с.-х. организации в 2018 году не наращивали поголовье, и только в северо-восточной зоне сохранили численность предыдущего года (таблица 3).

Наименьшее поголовье с.-х. организаций размещается в центральной орошаемой зоне – 1606 голов, или 0,1 % общеобластного поголовья), северо-западной и приазовской зонах – 3033 (0,3 %) и 3424 (0,3 %) голов, соответственно. Сельхозорганизации восточной зоны в совокупности содержат 46 495 голов овец и коз, или 3,9 % в структуре поголовья области. Наибольшая часть овец и коз с.-х. организаций восточной зоны выращивается в Ремонтненском (23 627 голов), Зимовниковском (8852 головы), Заветинском (8851 голова) районах. В с.-х. организациях южной зоны выращивается 0,9 % поголовья овец и коз (11261 голова) и 0,5 % (6484 головы) в северо-восточной зоне общеобластного поголовья. Отрасль рентабельна в тех с.-х. организациях области, где имеются качественный состав стада, хорошая кормовая база, оптимизированы затраты и пастухи заинтересованы в конечном результате труда.

Таблица 3 – Размещение поголовья овец и коз по категориям хозяйств
в природно-сельскохозяйственных зонах, 2018 г., голов

Table 3 – Placement of sheep and goats by farm category in natural and agricultural zones,
2018 year, heads

Природно- сельскохозяйственная зона / Natural and agricultural zone	СХО / АО		ЛПХ / PSF		К(Ф)Х / PF	
	2018 г.	в % к 2017 г. / In % to 2017	2018 г.	в % к 2017 г. / In % to 2017	2018 г.	в % к 2017 г. / In % to 2017
Ростовская область / Rostov region	72223	88,5	719831	96,2	389732	98,5
Удельный вес, % / Specific weight, %	100,0		100,0		100,0	
I. Северо-западная зона / Northwest zone	3033	73,3	97439	98,5	21290	93,6
Удельный вес, % / Specific weight, %	4,2		13,5		5,5	
II. Северо-восточная / Northeast	6484	100,0	82803	96,5	4303	84,3
Удельный вес, % / Specific weight, %	8,9		11,5		1,1	
III. Центральная / Central	1606	89,4	69174	90,2	8392	66,1
Удельный вес, % / Specific weight, %	2,2		9,6		2,2	
IV. Приазовская зона / Azov area	3424	70,1	36679	100,4	2136	83,5
Удельный вес, % / Specific weight, %	4,7		5,1		0,5	
V. Южная зона / Southern zone	11261	86,1	67646	102,5	8285	80,6
Удельный вес, % / Specific weight, %	15,6		9,4		2,1	
VI. Восточная зона / East zone	46495	94,8	361834	95,3	344946	100,9
Удельный вес, % / Specific weight, %	64,4		50,3		88,5	
Удельный вес в структуре общего поголовья области, % / Specific gravity in the structure of the total population area, %						
Ростовская область / Rostov region	6,1		60,9		33,0	
I. Северо-западная зона / Northwest zone	0,3		8,2		1,8	
II. Северо-восточная / Northeast	0,5		7,0		0,4	
III. Центральная / Central	0,1		5,8		0,7	
IV. Приазовская зона / Azov area	0,3		3,1		0,2	
V. Южная зона / Southern zone	0,9		5,7		0,7	
VI. Восточная зона / East zone	3,9		30,6		29,2	

Донское овцеводство и козоводство развивается в хозяйствах населения и фермерских хозяйствах, содержащих в VI восточной зоне 361 834 и 344 946 голов, соответственно, или 30,6 и 29,2 % общеобластного поголовья. Наибольшая часть фермерских овец и коз восточной зоны выращивается в Заветинском и Ремонтненском районах – 717 756 и 190 303 голов, соответственно. В приазовской и северо-восточной зонах фермерское овцевод-

ство не развито: фермерские хозяйства приазовской зоны содержат только 0,2 % (2136 голов), а северо-восточной – 0,4 % (4303 голов) от общей численности поголовья овец и коз области. В приазовской зоне выделяется Октябрьский район с численностью овец и коз 1173 головы, в северо-восточной – Морозовский район (2676 головы).

Выводы. Овцеводство в основном сосредоточено на востоке области. Восточная зона каштановых солонцовых и солонцеватых почв Ростовской области располагает 851 тыс. га пастбищ и 13,2 тыс. га сенокосов природных кормовых угодий. Без учета других видов животных на одну овцу приходится 1,13 га пастбищ. Менее всего овцеводство и козоводство развито в приазовской зоне, доля поголовья которой составляет 3,1-3,8 % за период 2012-2018 гг. Разумное сочетание пастбищного и загонного содержания поголовья с кормлением овец заготовленными зерновыми и сочными кормами (силос, сенаж) позволят в зоне интенсивного земледелия получать баранину высокого качества.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологический процесс как фактор рельефообразования коэффициенты травостоев сухостепной зоны Европейской территории России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). 76-82.
2. Колосов Ю. А. Мясное овцеводство как элемент стратегии отрасли // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии, 2017. Т. 8. № 1. С. 47-51.
3. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Илларионова Н. Ф. Проблемы интенсивного развития молочного животноводства на региональном уровне // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 217-224.
4. Комлацкий В. И. Перспективы развития мясомолочного овцеводства на юге России // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии, 2016. Т. 5. № 2. С. 185-190.
5. Министерство сельского хозяйства России: <http://mcx.ru>
6. Минсельхозпрод Ростовской области: <http://don-agro.ru/old/>
7. Приоритетные направления обеспечения эффективности животноводства: монография / А. И. Клименко, Ю. А. Колосов, Н. Ф. Илларионова, В. Н. Пристupa, Н. А. Святогоров. Персиановский, 2017. 359 с.
8. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области (Ростовстат): <http://www.rostov.gks.ru>.
9. Транспирационные коэффициенты травостоев сухостепной зоны Европейской территории России / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. В. Бородычев, А. С. Хныкин, Р. Н. Балкушкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 152-160.
10. Украинцева И. В. Состояние и тенденции развития овцеводства в хозяйствах Ростовской области // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 40. С. 88-94. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56907.htm>.
11. Филатов А. С., Чамурлиев Н. Г. Основные направления по повышению производства овцеводческой продукции в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1 (33). С. 140-144.
12. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова, А. В. Романова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.
13. Enhancement of accounting of the agro-industrial sector / R. Livanova, E. Stepanenko, L. Postnikova, B. Lukyanov, J. Chutcheva // European Research Studies Journal. 2018. № 21(3). P. 476-487. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054875747&partnerID=40&md5=aabe4623e76a0b0e576d45012d1caf29>.
14. Features of the formation of quality indicators ram edilbay breed in arid conditions / I. F. Gorlov, D. V. Nikolaev, B. A. Sherstyuk, M. I. Slozhenkina, E. I. Gishlarkaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. №341 (1). № 012035.

Conclusions. Sheep farming is mainly concentrated in the East of the region. The Eastern zone of chestnut saline and saline soils of the Rostov region has 851 thousand hectares of pastures and 13.2 thousand hectares of haymaking natural forage lands. Excluding other animal species, 1.13 ha of pasture per sheep. The least developed sheep and goat breeding is in the Azov zone, where the share of livestock is 3.1-3.8 % for the period 2012-2018. A Reasonable combination of pasture and paddock keeping of livestock with feeding sheep with harvested grain and succulent feed (silage, haylage) will allow to in the zone of intensive farming, get high-quality lamb.

Reference

1. Barabanov A. T. Erosion-hydrological process as a factor of relief of the coefficients of etches of the dry-steppe area of the European territory of Rossi // News of the Nizhnevolzhsky agrouni-Versitetsk complex: science and higher vocational education. 2019. № 2 (54). 76-82.
2. Kolosov Yu. A. Meat Sheep Breeding as an Element of the Industry Strategy // Collection of Scientific Works of the Krasnodar Scientific Center on Zootechny and Veterinary Science. 2017. Volume 8. № 1. P. 47-51.
3. Kolosov Yu. A., Chamurliyev N. G., Illarionova N. F. Problems of intensive development of dairy livestock at the regional level // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher vocational education. 2019. № 1 (53). P. 217-224.
4. Komlatski V. I. Prospects for the Development of Meat and Milk Sheep Farming in Southern Russia // Collection of Scientific Works of the Krasnodar Scientific Center on Zootechny and Veterinary Science. 2016. Volume 5. № 2. P. 185-190.
5. Ministry of Agriculture of Russia: <http://mcx.ru>.
6. Ministry of Agriculture and Food Production of the Rostov region: <http://don-agro.ru/old/>.
7. Priority areas for ensuring the effectiveness of water-ploughing: monograph / A. I. Klimenko, Yu. A. Kolosov, N. F. Illarionov, V. N. Pristupa, N. A. Svatogorov. Persianovsky post, 2017. 359 p.
8. Territorial Body of the Federal Service of State Statistics in Rostov Region (Rostovstat): <http://www.rostov.gks.ru>.
9. Transposition coefficients of etches of the dry steppe zone of the European territory of Rossi / A. K. Kulik, M. V. Vlasenko, V. V. Borodychev, A. S. Khnykin, R. N. Balkushkin // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher vocational education. 2019. № 3 (55).
10. Ukraineva I. V. State and trends of sheep breeding in the farms of Rostov region // Scientific and methodical electronic journal Concept. 2016. Vol. 40. P. 88-94. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56907.htm>.
11. Filatov A. S., Chamurliyev N. G. Main directions to increase the production of sheep products in the Volgograd region // News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2014. № 1 (33). P. 140-144.
12. Nature and direction of changes in climatic parameters of the Volgograd region / V. V. Melihov, A. A. Zibarov, N. P. Melihova, A. V. Romanova // News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2019. № 1 (53). P. 60-67.
13. Enhancement of accounting of the agro-industrial sector / R. Livanova, E. Stepanenko, L. Postnikova, B. Lukyanov, J. Chutcheva // European Research Studies Journal. 2018. № 21(3). P. 476-487.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054875747&partnerID=40&md5=aabe4623e76a0b0e576d45012d1caf29>.
14. Features of the formation of quality indicators ram edilbay breed in arid conditions / I. F. Gorlov, D. V. Nikolaev, B. A. Sherstyuk, M. I. Slozhenkina, E. I. Gishlarkaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. №341 (1). № 012035.

Author information

Kolosov Yuri Anatolyevich, Professor of the Department of private animal science and feeding of farm animals of the don state agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, persianovsky village, 24 Krivoshlykova street), doctor of agricultural Sciences.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>. E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Chumurliyev Nodari Georgievich, Professor of the Department of private animal science of the Volgograd state agrarian University, (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave, 26), doctor of agricultural Sciences. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>. E-mail: zootexnia@mail.ru

Natalia Illarionova, associate Professor of the Department of Economics and management of the don state agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, persianovsky village, 24 Krivoshlykova street), candidate of economic Sciences. E-mail: natali_i@list.ru

Vladimir Fedorov, head of the Department of biology, morphology and Virology, Professor of the don state agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village of Persia-novsky, 24 Krivoshlykova street), doctor of agricultural Sciences.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8424-9852> E-mail: dgau@mail.ru

Информация об авторах

Колосов Юрий Анатольевич, профессор кафедры частной зоотехнии и кормления с.-х. животных Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>. E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры частной зоотехнии Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>. E-mail: zootexnia@mail.ru

Илларионова Наталья Федоровна, доцент кафедры экономики и менеджмента Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат экономических наук. E-mail: natali_i@list.ru

Федоров Владимир Христофорович, заведующий кафедрой биологии, морфологии и вирусологии, профессор Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8424-9852>. E-mail: dgau@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-22

USE OF THE *CHLORELLA* SUSPENSION IN HARVEST AND ITS INFLUENCE ON HANDBOOK FREEDOM AND SAFETY

V. V. Melikhov, M. V. Frolova, M. V. Moskovets, A. Yu. Toropov

¹Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 24.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article presents the results of research on the effect of introducing a planktonic strain of *Chlorella vulgaris* into the diet of quails of the Moscow region white giant breed on the hatchability of quails and their safety in the first 14 days of life. The positive effect of the strain on the restoration and maintenance of homeostasis in the bird's body was established. The strain contributes to the synchronization of egg-laying processes, normalizes the amino acid composition of eggs, and increases the duration of high productivity of poultry by more than 20 percent.

Abstract

Introduction. Currently, the development of a relatively young poultry industry-quail farming-is extremely relevant, since quail differs from other types of poultry by significant productive and economic advantages, which include high growth rate, viability of offspring, quality of eggs and meat. **Object.** The object of research is the Moscow white giant quail of the age range from 38 to 241 days. **Materials and methods.** Experimental work was conducted on the basis of the peasant farm T. I. Karpova (Zayar, Volgograd region, 2019). The two groups of quail formed for the study (control and experience) received the same care and the main General economic balanced diet, the only difference was in the studied factor. This is an additional introduction of a suspension of *Chlorella vulgaris* IGF N C-111 to the experimental group in the amount of 2 ml per head per day, the duration of the experiment was two decades of the month with a five-day break between them. **Results and conclusion.** Studies have shown that the use of *Chlorella* suspension as a feed additive in the diet of quails has a significant impact on the indicators of egg yield for incubation, hatchability of quail, their safety and live

weight in the first two weeks of life. The yield of eggs that meet the criteria for incubation from quails in all age groups was higher in the experimental group compared to the control group. The maximum yield of eggs (100 %) was observed in the experimental group from quail at the age of 90-91 days, the minimum – 75 % – at the age of 240-241 days. In the control group, these indicators were 95 and 70 %, respectively. When considering the release of these during incubation, the maximum output (100 %) was aged quails of the experimental group 90-91 day, the minimum hatchability of these (87 %) was obtained in the control group of quail 240-241 days old. The safety of quail in the 1st day of life was 99-100 % in the experimental group of quails of all ages, and in the control group – 93-97 %. Moreover, the maximum safety of quail on the 1st day of life was observed in the age group of quail of 38-40 days of age-97 %, and the minimum (93%)-when incubating eggs from quail at the age of 90-91 days. The safety of quail by two weeks of age in the experimental group ranged from 97 to 100 % for all ages of quail, and in the control group – 80-89 %, and the lowest safety (80 %) was observed when the age of the parent herd increased to 210-211 and 240-241 days. The live weight of quail in the experimental group varied from 14 ± 0.51 to 17 ± 0.51 g depending on the age of quail, and in the control group for all age groups it decreased from 13 ± 0.51 to 15 ± 0.51 g, or by 7.1-13.3 %. In General, it should be noted that the introduction of *Chlorella suspension* (strain of *Chlorella vulgaris* IGF No C-111) into the feed of the parent quail herd contributed to an increase in the yield of hatching eggs, the withdrawal of quail, and an increase in the safety of young animals in the first two weeks of life.

Key words: quail breeding, strain *Chlorella vulgaris* IFR No C-111, hatchability of quail, safety, live weight, incubation eggs.

Citation. Melikhov V. V., Frolova M. V., Moskovets M. V., Toropov A. Yu. Use of the chlorella suspension in harvesting and its influence on handbook freedom and safety. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 214-222 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-22.

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 636.59.087.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ В ПЕРЕПЕЛОВОДСТВЕ И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА ВЫВОДИМОСТЬ И СОХРАННОСТЬ ПЕРЕПЕЛЯТ

В. В. Мелихов, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

М. В. Фролова, кандидат биологических наук

М. В. Московец, старший научный сотрудник

А. Ю. Торопов, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 24.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. В настоящее время развитие сравнительно молодой отрасли птицеводства – перепеловодства – является чрезвычайно актуальным, поскольку перепелка отличается от других видов птицы значительными продуктивными и хозяйственными преимуществами, к которым относятся высокая скорость роста, жизнеспособность потомства, качество яйца и мяса. Объектом исследований являются перепела породы Подмосковный белый гигант возрастного диапазона с 38 по 241 день. Экспериментальные работы велись на базе фермерского хозяйства КФХ Карповой Т. И. (с. Заяр, Волгоградская область, 2019 г.). Сформированные для исследования две группы перепелов (контроль и опыт) получали одинаковый уход и основной общехозяйственный сбалансированный рацион, отличие лишь было в изучаемом факторе. Это дополнительное введение суспензии *Chlorella vulgaris* ИФР N C-111 опытной группе в количестве 2 мл на голову в сутки, длительность эксперимента составляла две декады месяца с пятидневным перерывом между ними. Анализируя полученные результаты, мы смогли положи-

тельно утвердить поставленную гипотезу полезности включения суспензии хлореллы в рацион кормления перепелов. В целом следует отметить, что введение в комбикорм родительского стада перепелов суспензии хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) способствовало увеличению выхода инкубационных яиц, выводу перепелят, увеличению сохранности молодняка в первые две недели жизни. Поэтому включение микроводоросли *Chlorella vulgaris* в рационы питания птиц представляет собой очень многообещающую экологически чистую альтернативу в кормопроизводстве для поддержания и развития такого нового направления, как перепеловодство.

Ключевые слова: перепеловодство, штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, хлорелла, суспензия хлореллы, рационы перепелов, выводимость перепелят, сохранность перепелят, живая масса перепелят, инкубационные яйца.

Цитирование. Мелихов В. В., Фролова М. В., Московец М. В., Торопов А. Ю. Использование суспензии хлореллы в перепеловодстве и влияние ее на выводимость и сохранность перепелят. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 214-222. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-22.

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. Индустриализация привела к перемещению населения в городские районы и вызвала изменение стиля питания, которое включает в себя употребление большего количества мяса. Чтобы по возможности закрыть потребность населения в мясных продуктах, а также обеспечить их разнообразие во многих развитых странах мира усиленно осваивается одно из направлений птицеводства – перепеловодство, поскольку особи данного вида имеют ряд отличительных продуктивных и хозяйственных преимуществ перед другими видами птиц. Скороспелость перепёлок в пять раз выше, чем у кур, яйценоскость наступает в 35-45 дневном возрасте. В перепелиных яйцах содержание витаминов, железа, кобальта, биологически активных веществ, ферментов в несколько раз больше, чем в куриных. В Японии выращиванием перепелов занимаются уже более 200 лет [11], в то время как в странах Европы и России, в частности, это направление птицеводства получило развитие относительно недавно. Стали обустриваться небольшие перепелиные фермы на предприятиях, а также в личных подсобных хозяйствах, в фермерских хозяйствах. Для нашей страны массовое распространение ценнейшего в питательном отношении продукта потребления также актуально и необходимость в нём становится не меньше, чем в других странах [6].

В России изначально спрос на продукцию перепеловодства был низкий. Это было обусловлено, прежде всего, традиционностью потребления куриного яйца и мяса, более высокими ценами на продукцию перепеловодства, низким уровнем доходов населения. В настоящее время ситуация меняется. В современных экономических условиях ставится вопрос не только увеличить объемы производства, но и за счет технологической импортозамещенности сделать продовольствие России независимым [2].

В нашу страну перепела завезены в 1964 году из Югославии. Современные породы перепелов делятся на несколько групп в зависимости от их продуктивности. Распространенными считаются яичные и мясные породы, мясояичные, и завершают перечень представители декоративной группы, разведением которых занимаются отдельные птицеводы-любители и небольшие фермерские хозяйства [8].

К мясояичной породе перепелов относится Эстонский перепел, который был введен на основе Японского и Фараона, как более продуктивная порода. Селекционерам удалось не только сохранить яйценоскость прародителей, но и увеличить размер тушки до 40-50 %. Получившаяся птица обладает выдающейся жизнеспособностью: выжива-

емость цыплят до 98 %, мясо Эстонского перепела гораздо вкуснее и содержит чуть больше жира [5]. Перепела популяции Подмосковный белый гигант относятся к мясной породе, выведены они от Американских альбиносов или, как еще их называют, Техасских белых фараонов. Перепела Подмосковного белого гиганта предназначены для получения нежного, сочного мяса и крупного яйца, они быстро растут, имеют устойчивую однородность стада, хорошо несутся, имеют очень крупное яйцо [4]. В среднем живая масса самки в возрасте 40 дней доходит до 550-570 г. Несись начинают в возрасте 38-40 дней. При правильном уходе за птицей яйценоскость в первые 3 месяца достигает до 95-98 %, а в среднем за 8 месяцев содержания от 100 самок можно получать по 70-75 яиц в день [5]. Птица является потребителем зерна, и в этом отношении она становится потенциальным конкурентом человека. Как считает С.И. Николаев, для решения этой задачи специалисты агропромышленного комплекса должны вести поиск альтернативных кормов и совершенствовать стратегии массового производства экологически устойчивых и экономически выгодных источников питания [8].

Микроводоросли имеют огромный потенциал как альтернативные корма. Эти микроскопические организмы, обитающие в любой экосистеме, составляют более 50 % первичной фотосинтетической продуктивности на земле, имеют способность к быстрому росту и производству высокоценных продуктов [1, 3]. Изучая преимущества и разнообразие водорослей, пригодных для выращивания и использования в корм в птицеводстве, остановимся на одноклеточной микроводоросли *Chlorella vulgaris*. [14]. Хлорелла – род одноклеточных зеленых водорослей, характеризуется относительно простыми требованиями к культивированию при высокой продуктивности биомассы, обеспечивая значительное количество почти всех питательных веществ, необходимых живому организму. *Chlorella vulgaris* богата по содержанию белком, что почти составляет от 40 до 65 % (в зависимости от условий культивирования), хлорофиллом, лютеином и другими необходимыми витаминами и минералами [9]. Хлорелла в качестве кормовой добавки благоприятно влияет на рост, иммуномодуляцию, антиоксидантную активность и восстановление тканей. Как известно, применение хлореллы в рационах питания кур способствовало увеличению показателей роста, улучшению модулированного иммунного ответа. Имея в своем составе полиненасыщенные жирные кислоты, *Chlorella vulgaris* улучшает развитие нервной системы, особенно у молодняка, способствуя большей стрессоустойчивости, а каротиноиды, являясь антиоксидантами, обеспечивают лучшее здоровье, развитие и выживаемость [10, 12, 13].

Учитывая положительные результаты, полученные ранее учеными в этой области, цель нашего эксперимента направлена на изучение влияния суспензии хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) как кормовой добавки на показатели выхода яиц для инкубации, выводимости перепелят, их сохранность и живую массу в первые две недели жизни.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе фермерского хозяйства КФХ Карповой Т. И. (с. Заяр, Волгоградская область, 2019 г.). Микроводоросли штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, применяемые в этом эксперименте, выращивались в лабораторных условиях ФГБНУ ВНИИОЗ строго с соблюдением технологии культивирования.

В ходе научного эксперимента были отобраны и сформированы методом пар аналогов две группы перепелов (опыт и контроль) с учетом возраста - с 38 по 241 дней, порода Подмосковный белый гигант. Содержание клеточное по 30-32 головы в каждой клетки из расчета один самец на две самки (рисунок 1-2). Уход и основной общехозяйственный сбалансированный рацион был одинаковым в обеих группах, исключение - дополнительное введение суспензии *Chlorella vulgaris* ИФР N С-111 опытной группе в количестве 2 мл на голову в сутки, длительность эксперимента составляла две декады месяца с пятидневным перерывом между ними.



Рисунок 1 – Вывод перепелят в инкубаторе КФХ Карповой Т.И.

Figure 1 – The conclusion of quail chicks in the KFH incubator Karpova T.I.



Рисунок 2 – Перепелята в двухнедельном возрасте в КФХ Карповой Т.И.

Figure 2 – Quail at the age of two weeks in the farm Karpova T. I.

Отбор яиц для закладки в инкубаторы проводили в течение 2-3 дней у птицы 38-40; 90-91; 160-161; 210-211; 240-241-дневного возраста по следующим характеристикам: яйца свежие, чистые, правильной овальной формы, без повреждений скорлупы, характерной окраски и массой 15 ± 1 г, количеством 100 штук от обеих групп (рисунок 3).



Рисунок 3 – Яйца перепелов для инкубации и перепел в КФХ Карповой Т.И.

Figure 3 – Quail eggs for incubation and quail in peasant farm Karpova T.I.

Результаты и обсуждение. По результатам исследований выявлено, что включение суспензии хлореллы в рацион перепелов положительно повлияло на процент выхода инкубационных яиц и выводимости птицы (таблица 1).

Таблица 1– Показатели выхода яиц для инкубации и выводимость перепелят

Table 1 – Indicators of hatching eggs and quail chicks yield

Возраст, суток/ Age, days	Опытная группа / Experimental group		Контрольная группа / Control group	
	выход яиц для инкубации, %/ Indicator of hatching eggs, %	выход перепелят, % / Quail chicks yield, %	выход яиц для инкубации, % / Indicator of hatching eggs, %	выход перепелят, % / Quail chicks yield, %
38-40	88	95	80	90
90-91	100	100	95	92
160-161	90	95	88	93
210-211	84	93	80	90
240-241	75	90	70	87

Показатель выхода яиц для инкубации в первом исследуемом возрастном диапазоне (38-40 дней) от перепелок в опытной группы составил 88 %, в контрольной – 80 %. Выводимость перепелят в экспериментальной группе составила 95 %, то время как в контроле выводимость – 90 %.

Выход яиц, соответствующих по качеству, для инкубации от перепелок в 90-91-дневном возрасте опытной группы составил 100 %, в контрольной – 95 %. Выход перепелят в опытной группе на 8 % больше, чем в контрольной.

К 160-161 суткам у перепелок яйценоскость для инкубации в обеих группах уменьшилась и составила в опытной – 90 %, в контрольной – 88 %. Выводимость перепелят в экспериментальной группе – 95 %, в контрольной – 93 %.

В возрасте 210-211 суток выход инкубационных яиц перепелок в опытной группе составил 84 %, в контрольной – 80 %. При инкубации выводимость перепелят в опытной группе – 93 %, в контрольной – 90 %.

К завершению технологического цикла получения яиц, соответствующих для инкубации (240-241 сутки) выход в опытной группе составил 75 %, в контрольной – 70 процентов.

Важными критериям определения жизнеспособности перепелят является показатели сохранности и живая масса за учитываемый период (таблица 2). Учет сохранности показал, что во всех возрастных опытных группах она была на высоком уровне – от 99-100%, по сравнению со сверстниками в контроле – 93-97 %.

Таблица 2 – Показатели живой массы перепелят и их сохранность

Table 2 – Indicators of live weight of quail and their safety

Возраст, суток/ Age, days	Опытная группа / Experimental group				Контрольная группа / Control group			
	живая масса в 1 сут., г / Live weight in 1 day, g	сохранность в 1 сут., % / Safety in 1 day, %	живая масса в 14 сут., г / Live weight in 14 days, g	сохранность в 14 сут., % / Safety in 14 days, %	живая масса в 1 сут., г / Live weight in 1 day, g	сохранность в 1 сут., % / Safety in 1 day, %	живая масса в 14 сут., г / Live weight in 14 days, g	сохранность в 14 сут., % / Safety in 14 days, %
38-40	14± 0,51	100	180	100	13± 0,51	97	175	89
90-91	16±0,51	99	184	97	14± 0,51	93	178	87
160-161	17±0,51	99	185	99	15± 0,51	95	181	85
210-211	15±0,51	99	186	98	13± 0,51	95	183	80
240-241	15±0,51	99	186	98	13± 0,51	95	183	80

По результатам проведенных исследований выявлено, что живая масса перепелов во всех группах в течение учитываемого периода не имела отклонений от стандарта породы Подмосковный белый гигант.

Включение в рацион суспензии хлореллы оказало положительное влияние на динамику живой массы перепелов опытных групп и имело стабильное увеличение показателя в 1-е сутки и 14-е сутки соответственно в сравнении с контролем.

Анализируя полученные результаты, мы смогли положительно утвердить поставленную гипотезу полезности включения суспензии хлореллы в рацион кормления перепелов. Такое видимое расхождение по учитываемым показателям у обеих групп (контроль и опыт) указывает на тот факт, что включение микроводоросли хлореллы в рацион повышает усвоение питательных веществ из основного корма. За счет высокого содержания в *C. vulgaris* незаменимых аминокислот, таких как лизин и метионин, возможно, также способствовало улучшению использования корма в виде положительной динамики прироста живой массы у опытной группы разного возрастного диапазона [7]. Передающиеся по пищевой цепи птице полиненасыщенные жирные кислоты в составе хлореллы, особенно эйкозапентаеновая кислота, докозагексаеновая кислота и арахидоновая кислота, являющиеся одним из основных источников, по существу способствовали большей стрессоустойчивости и соответственно увеличению выживаемости и сохранности, особенно у молодняка.

Выводы. Дополнительное введение в комбикорм родительского стада перепелов суспензии хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) при неизменности технологического цикла способствовало увеличению выхода инкубационных яиц, выводу перепелов, увеличению сохранности птицепоголовья к 3-му и 14-суточному возрасту. На основании полученных данных стоит отметить, что включение микроводоросли *Chlorella vulgaris* в рационы питания птиц представляет собой очень многообещающую экологически чистую альтернативу в кормопроизводстве для поддержания и развития такого нового направления, как перепеловодство.

Библиографический список

1. Белогуров А. Н., Трояновская Л. П. Влияние кордицепса на выход и сохранность перепелов // Птицеводство. 2011. № 3. С. 16-19.
2. Буяров В. С. Экономико-экологические аспекты производства продукции животноводства и птицеводства // Вестник аграрной науки. 2019. № 6. С. 81.
3. Кочкина Е. С., Савина И. В., Нурғалиева Р. М. Влияние штамма *Enterococcus faecium* ICIS 96 на факторы врожденного иммунитета птицы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 203.
4. Припоров И. Е., Павленко М. Р. Робототехнологические средства в приготовлении и раздаче белковых кормов на сельскохозяйственных предприятиях // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 11.
5. Сравнительная характеристика мясной продуктивности перепелов разных пород / О. К. Гогаев, Б. А. Бидеев, А. Р. Демурова, Л. Н. Гутиева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 35. № 1. С. 25-30.
6. Сухорукова О. А., Костина Н. Я. Механизм повышения продуктивности перепелов путем применения экстракта пихты сибирской // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2010. № 3. С. 36-39.
7. Хлорелла в рационах перепелов Эстонской породы / М. В. Фролова, М. В. Московец, Л. А. Птицына, А. Ю. Торопов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 178-184. DOI: 10.32786/2017-9485-2018-04-25.

8. Эффективность использования нетрадиционного корма в кормлении сельскохозяйственной птицы / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, М. В. Струк, И. Г. Плешакова, Х. Б. Баймишев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 272-279.

9. Fox J. M., Zimba P. V. Minerals and Trace Elements in Microalgae // Microalgae in Health and Disease Prevention. 2018. P. 177-193. DOI: 1016/B978-0-12-811405-6.00008-6.

10. Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / V. V. Melikhov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Contributions to Economics. 2017. №9783319454610. Pp. 365-382.

11. Kamely M., Torshizi M. A. K., Khosravinia H. Omega-3 Enrichment of Quail Eggs: Age, Fish Oil, and Savory Essential Oil // Journal of Agricultural Science and Technology. 2016. Vol. 18. Issue 2. Pp. 347-359.

12. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review / M. S. Madeira, C. Cardoso, P. A. Lopes, D. Coelho, C. Afonso, N. M. Bandarra, J. A. M. Prates // Livestock Science. 2017. Vol. 205. P.111-121. DOI:10.1016/j.livsci.2017.09.020.

13. Microalgae—nutritious, sustainable aqua- and animal feed source / G. Dineshbabu, G. Goswami, R. Kumar, A. Sinha, D. Das // Journal of Functional Foods. 2019. Vol. 62, no. 103545. DOI:10.1016/j.jff.2019.103545.

14. Packer M. A., Harris G. C., Adams S. L. Food and Feed Applications of Algae // Springer International Publishing Switzerland. F. Bux and Y. Chisti (eds.), Algae Biotechnology, Green Energy and Technology F. Bux, Y. Chisti (eds.) // Algae Biotechnology, Springer, Cham. 2016. Pp. 217-247. DOI: 10.1007/978-3-319-12334-9_12.

Conclusions. Additional introduction of *Chlorella* suspension (*Chlorella vulgaris* strain IFR No C-111) into the feed of the parent quail herd with the technological cycle unchanged contributed to an increase in the yield of hatching eggs, the withdrawal of quail, and an increase in the safety of poultry by the 3rd and 14th day-old age. Based on the data obtained, it is worth noting that the inclusion of microalgae *Chlorella vulgaris* in the diets of birds is a very promising environmentally friendly alternative in feed production for the maintenance and development of such a new direction as quail farming.

Reference

1. Belogurov A. N., Trojanovskaja L. P. The effect of cordiceps on yield and safety will be quenched // Pticevodstvo. 2011. Vol. 3. Pp. 16-19.

2. Bujarov V. S. Economic and environmental aspects of production of water and poultry products // Vestnik agrarnoj nauki. 2019. Vol. 6. P. 81.

3. Kochkina E. S., Savina I. V., Nurgalieva R. M. Effect of *Enterococcus faecium* ICIS 96 strain on avian innate immunity factors // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. Vol. 1. P. 203.

4. Priporov I. E., Pavlenko M. R. Robotics in the preparation and distribution of animal feed in agricultural enterprises // Nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. Vol. 1. P. 11.

5. Comparative characteristics of meat productivity of quails of different breeds / O. K. Gogaev, B. A. Bideev, A. R. Demurova, L. N. Gutieva // Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. Vol. 1. Is. 35. Pp. 25-30.

6. Suhorukova O. A., Kostina N. Ja. Mechanism for increasing quail productivity by using Siberian fir extract // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2010. № 3. Pp. 36-39.

7. *Chlorella* in the diets of quail of the Estonian breed / M. V. Frolova, M. V. Moskovets, L. A. Ptitsina, A. Yu. Toropov // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. Vol. 4(52). P. 178-184. DOI: 10.32786/2017-9485-2018-04-25.

8. Effective use of non-traditional feed in poultry feeding / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetjan, M. V. Struk, I. G. Pleshakova, H. B. Bajmishev // *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. Vol. 4 (52). P. 272-279.
9. Fox J. M., Zimba P. V. Minerals and Trace Elements in Microalgae // *Microalgae in Health and Disease Prevention*. 2018. Pp. 177-193. DOI: 10.1016/B978-0-12-811405-6.00008-6.
10. Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / V. V. Melikhov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // *Contributions to Economics*. 2017. №9783319454610. Pp. 365-382.
11. Kamely M., Torshizi M.A.K., Khosravinia H. Omega-3 Enrichment of Quail Eggs: Age, Fish Oil, and Savory Essential Oil // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2016. Vol. 18. Is. 2. Pp. 347-359.
12. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review / M. S. Madeira, C. Cardoso, P. A. Lopes, D. Coelho, C. Afonso, N. M. Bandarra, J. A. M. Prates // *Livestock Science*. 2017. Vol. 205. P.111-121. DOI:10.1016/j.livsci.2017.09.020.
13. Microalgae—nutritious, sustainable aqua- and animal feed source / G. Dineshbabu, G. Goswami, R. Kumar, A. Sinha, D. Das // *Journal of Functional Foods*. 2019. Vol. 62. No. 103545. DOI:10.1016/j.jff.2019.103545.
14. Packer M. A., Harris G. C., Adams S. L. Food and Feed Applications of Algae // Springer International Publishing Switzerland. F. Bux and Y. Chisti (eds.), *Algae Biotechnology, Green Energy and Technology* F. Bux, Y. Chisti (eds.) // *Algae Biotechnology*, Springer, Cham. 2016. Pp. 217-247. DOI: 10.1007/978-3-319-12334-9_12.

Authors Information

Melikhov Viktor Vasilevich, chief researcher of Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timirjazeva street, 9),
chlen-korrespondent Rossijskoj akademii nauk. E-mail: vnioz@yandex.ru

Frolova Marija Viktorovna, senior researcher of Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timirjazeva street, 9),
kandidat biologicheskikh nauk. E-mail: mikkinfm@gmail.com

Moskovets Marija Vasilevna, senior researcher of Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timirjazeva street, 9).
E-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Toropov Aleksej Yurevich, senior researcher of Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timirjazeva street, 9).
E-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Информация об авторах

Мелихов Виктор Васильевич, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), член-корреспондент Российской академии наук. E-mail: vnioz@yandex.ru

Фролова Мария Викторовна, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат биологических наук.
E-mail: mikkinfm@gmail.com

Московец Мария Васильевна, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9). E-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), E-mail: vnioz-algo@yandex.ru

NEURAL NETWORK FORECASTING OF THE DEVELOPMENT OF DAIRY FARMING IN THE VOLGOGRAD REGION

G. V. Fedotova¹, I. F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina¹, A. V. Gluschenko¹,
E. S. Vorontsova¹, D. A. Mosolova¹

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd, Russia*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

Received 12.03.2020

Submitted 14.05.2020

*The work was performed under the state task A19-119051400084-5 and under the grant
from the President of the Russian Federation NSh-2542.2020.11*

Summary

Volgograd region imports almost 25% of dairy raw materials from other regions, as the capacity of dairy farms of agricultural enterprises and private farms is still insufficient. To improve the current situation and develop drastic measures, it is necessary to assess the prospects for the development of the industry and forecast its future state with the current rate of development. For this purpose, in the article, a tool for neural network modeling was used to forecast the development of the industry in the near future, the number of future cattle and dairy cows was estimated as well as the volume of production of dairy raw materials.

Abstract

Introduction. Dairy farming is one of the most important directions of ensuring food security of the Russian Federation. Nowadays, virtually all food safety indicators are met, with the exception of milk and dairy products. The emerging trends in recent years of growth in the number of cattle, including dairy orientation, prove the development of this industry. Unfortunately, the increase in the number of livestock occurs mainly in peasant farms and personal subsidiary farms of the population, in terms of their scale and productivity do not have a high potential for increasing milk production. Therefore, it is necessary first of all to increase the growth rate of livestock in agricultural organizations that are able to form a powerful raw milk base. Currently, the processing industry is experiencing a shortage of dairy raw materials, so there is an increase in the production of counterfeit products and various violations of the production technologies of many dairy products. To this end, it is necessary to increase the intensity of dairy farming by improving feeding and livestock rearing technologies, develop dairy farms and continue to subsidize milk production. To improve the current situation and develop drastic measures, it is necessary to assess the prospects of the industry and forecast its future state at the current rate of development. **Object.** The object of the study was the livestock of cattle and dairy cows in the Volgograd region. **Materials and methods.** To build a forecast for the development of the industry, the academic online platform Deductor was used, in which perceptrons of cattle livestock development were built on the basis of retrospective dynamics data on the total number of cattle, number of dairy livestock, and milk production. **Results and conclusion.** Evaluation of the forecast development of dairy farming in the Volgograd region by 11 input parameters using the neural network modeling tool allowed us to present the parameters of the industry for 2022. The results of the analysis include 3 directions of the forecast: 1) the forecast value for 2022 for the parameter "Livestock total" was 320460 heads, which completely coincided with the actual value in 2019; 2) the forecast value for the parameter "Dairy total" was 122594 heads, while the actual value in 2019 was 129922 heads. So, according to the forecast, the number of dairy livestock may decrease by 7328 heads, or by 5.6%; 3) the forecast value for 2022 for the parameter "Milk total, tons" was 522999.89 tons, while the actual value in 2019 was 547444 tons. That is, according to the forecast, milk production in the region may decrease by 24444.11 tons, or by 4.46%. All the constructed models are highly stable, since all the considered parameters do not exceed the confidence intervals of the scattering diagrams, and the error values are zero for all the forecast value intervals. Thus, the construction of three forecasts for the development of dairy farming in the Volgograd region by 2022 demonstrate a decrease in milk production, which requires a radical revision of the existing policy of state support for the dairy industry.

Key words: dairy farming, neural network forecast, dairy raw materials, livestock, dairy cows.

Citation. Fedotova G. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Gluschenko A. V., Vorontsova E. S., Mosolova D. A. Neural network forecasting of the development of dairy farming in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 223-240 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23.

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

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

УДК 636.2.034(470.45):004.8

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. В. Федотова¹, доктор экономических наук, доцент

И. Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

М. И. Сложеникина¹, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

А. В. Глущенко¹, доктор экономических наук, профессор

Е. С. Воронцова¹, младший научный сотрудник

Д. А. Мосолова¹, младший научный сотрудник

¹ Поволжский научно-исследовательский институт мясомолочной продукции, г. Волгоград

² Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2020

Дата принятия к печати 14.05.2020

**Работа выполнена по госзаданию А19-119051400084-5
и по гранту Президента РФ НШ-2542.2020.11**

Актуальность. Молочное животноводство является одним из важных направлений обеспечения продовольственной безопасности государства. Сегодня фактически все индикаторы продовольственной безопасности выполнены, за исключением молока и молокопродуктов. Намечившиеся тенденции последних лет роста поголовья крупного рогатого скота, в том числе молочной направленности, доказывают развитие данной отрасли. К сожалению, рост численности поголовья животных происходит в основном в крестьянских фермерских хозяйствах и личных подсобных хозяйствах населения, которые по своим масштабам и производительности не обладают высоким потенциалом к росту производства молока. Необходимо прежде всего наращивать темпы роста поголовья животных в сельскохозяйственных организациях, которые способны сформировать мощную сырьевую молочную базу. В настоящее время перерабатывающая промышленность испытывает дефицит молочного сырья, поэтому наблюдаются рост выпуска фальсифицированной продукции и различные нарушения технологий производства многих молочных продуктов. С этой целью необходимо наращивать интенсивность молочного животноводства посредством улучшения технологий кормления и выращивания поголовья, развивать молочные фермы и продолжать субсидировать производство молока. Для улучшения сложившейся ситуации и разработки кардинальных мер необходимо оценить перспективы отрасли и спрогнозировать ее будущее состояние при существующих темпах развития. **Объект.** Объектом исследования явилось поголовье крупного рогатого скота и молочных коров в Волгоградской области. **Материалы и методы.** Для построения прогноза развития отрасли была использована академическая онлайн-платформа Deductor, в которой были выстроены перцептроны развития поголовья крупного рогатого скота на основе ретроспективных данных динамики по общему количеству поголовья крупного рогатого скота, численности молочного поголовья, объемам производства молока. **Результаты и выводы.** Оценка прогнозного развития молочного животноводства Волгоградской области по 11 входным параметрам с использованием инструмента «нейросетевое моделирование» позволило представить параметры отрасли на 2022 год. Итоги анализа включают в себя 3 направления прогноза: 1) прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 г.; 2) прогнозное значение по параметру «Молочные всего» составило 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. Итак, по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %; 3) прогнозное значение для

2022 года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 тонн, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 547 444 т. То есть по прогнозу, производство молока в регионе может сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 %. Все построенные модели обладают высокой устойчивостью, поскольку все рассматриваемые параметры не выходят за границы доверительных интервалов диаграмм рассеяния, значения ошибок – нулевое по всем интервалам прогнозных значений. Таким образом, построение трех прогнозов развития молочного животноводства в Волгоградской области к 2022 году демонстрируют снижение производства молока, что требует коренного пересмотра существующей политики государственной поддержки молочной отрасли.

Ключевые слова: молочное животноводство, нейросетевые прогнозы, молочное сырье, развитие молочного скотоводства, прогнозирование развития молочного скотоводства.

Цитирование. Федотова Г. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Глущенко А. В., Воронцова Е. С., Мосолова Д. А. Нейросетевое прогнозирование развития молочного животноводства Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 223-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23.

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. Молочное животноводство в России развивается нестабильно ввиду высоких издержек на содержание животных, проблем с комплектованием ферм и комплексов ремонтным поголовьем, зачастую укороченной продолжительностью лактации и общего снижения поголовья животных в хозяйствах по различным причинам. По итогам 2019 года общее количество крупного рогатого скота молочной направленности в хозяйствах России составило 3255 тыс. гол., что на 11,4 % ниже поголовья, содержавшегося в 2011 году. На рисунке 1 видим, что тренд численности поголовья имеет нисходящую прямую, что подтверждает прогнозы многих исследователей о проблемах по выполнению индикатора продовольственной безопасности по молоку и молокопродуктам при сложившихся условиях [4].

Высокие издержки и риски данной отрасли животноводства не позволяют развиваться и наращивать объемы молока-сырья для восполнения полной потребности внутреннего рынка (рисунок 1).

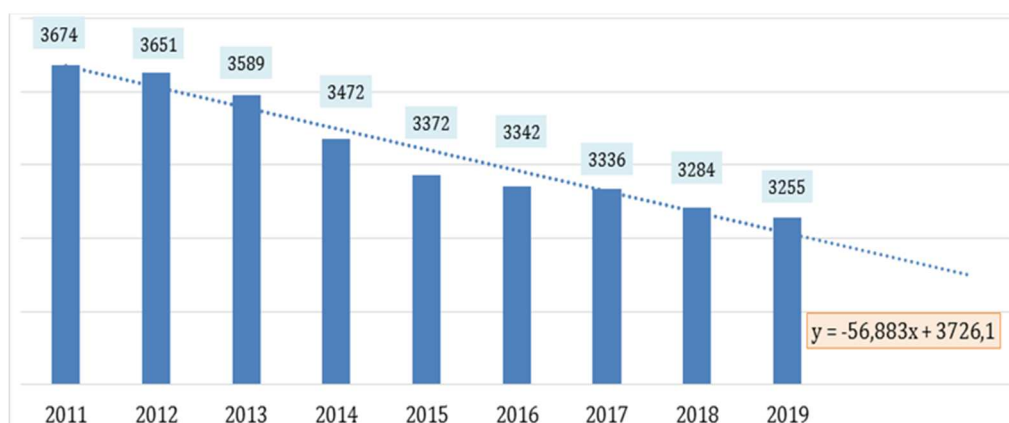


Рисунок 1 – Динамика численности молочного поголовья животных в России за период 2011-2019 гг., тыс. гол. (Итоги года 2019. Молоко и молочные продукты. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/>)

Figure 1 – Dynamics of the number of dairy livestock of animals in Russia for the period 2011-2019, thousand heads. (Results of the year 2019. Milk and dairy products. Access mode: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/>)

Следовательно, при такой динамике численности молочного поголовья нет материальной основы для достижения роста объемов молочного сырья в будущих периодах. Как результат данной тенденции – рост индекса цен на молоко и молочную продукцию, замена натуральных продуктов в ежедневном рационе населения более дешевыми товарами-субститутами (цельное молоко – на сухое или восстановленное, масло сливочное – на маргарин).

Оценка объемов произведенного молока по итогам 2019 года по регионам Южного федерального округа показывает, что Волгоградская область занимает 3 место среди регионов ЮФО, уступая лидерство Краснодарскому краю и Ростовской области (рисунок 2).

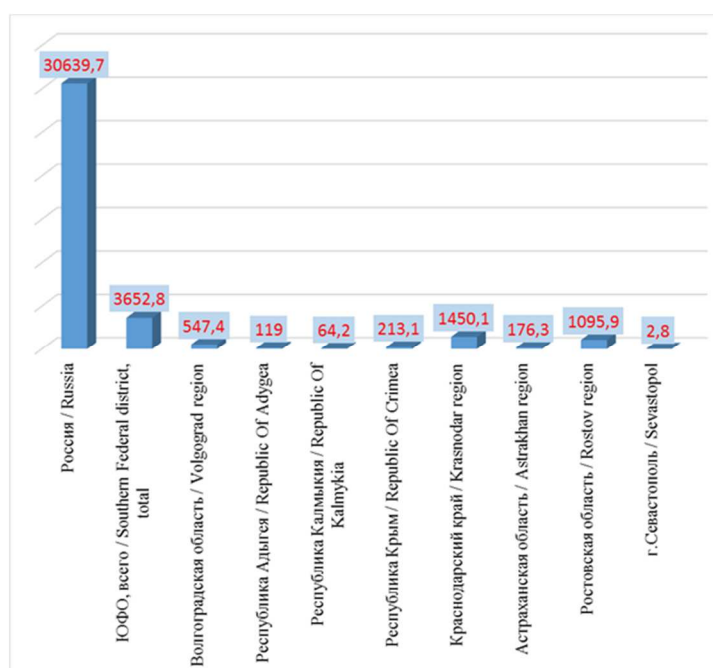


Рисунок 2 – Динамика производства молока в регионах ЮФО в 2019 году, тыс. тонн

Figure 2 – Dynamics of milk production in the regions of the Southern Federal District in 2019, thousand tons

Третья позиция Волгоградской области среди территорий ЮФО по производству молока сохраняется благодаря росту численности молочного поголовья животных в регионе за последние 5 лет, а также росту надоев с одной коровы (рисунок 3).

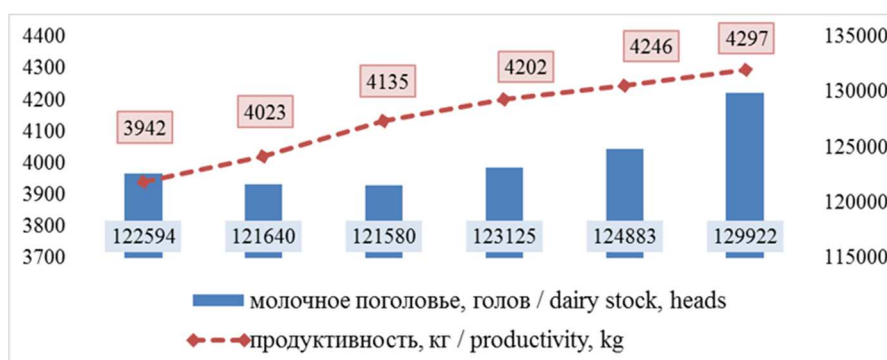


Рисунок 3 – Динамика молочного поголовья и продуктивность коров в Волгоградской области

Figure 3 – Dynamics of dairy stock and productivity of cows in the Volgograd region

По данным рисунка 3 молочное поголовье в регионе в 2019 году по сравнению с предыдущим годом увеличилось на 4 %. При этом рост молочного поголовья произошел в крестьянских фермерских хозяйствах на 20,4 % и в личных подсобных хозяйствах – на 3 % [7].

Для улучшения сложившейся ситуации и разработки кардинальных мер необходимо оценить перспективы отрасли и спрогнозировать ее будущее состояние при существующих темпах развития. С этой целью в статье использован инструмент нейросетевого моделирования прогнозного развития отрасли на ближайшую перспективу, проведена оценка численности будущего поголовья крупного рогатого скота и молочных коров, а также оценены объемы производства молочного сырья.

При сборе информации большое значение имеют ее качественные характеристики, отвечающие целевым запросам пользователей, такие как релевантность, сопоставимость, достоверность [10, 11, 13].

Материалы и методы. Наши исследования проводились с применением методов графического представления информации, статистического анализа данных, применялись методы классификации, группировки, анализа динамики изучаемых процессов, для формулирования выводов были использованы методы обобщения данных и логического анализа. Для построения прогноза развития отрасли была использована академическая онлайн-платформа Deductor, в которой были выстроены перцептроны развития поголовья крупного рогатого скота на основе ретроспективных данных динамики по общему количеству поголовья крупного рогатого скота, численности молочного поголовья, объемам производства молока. Построенные прогнозы на 3-х летний период позволяют представить динамику развития отрасли и разработать мероприятия для роста молочного производства.

Результаты и обсуждение. С ростом надоев молока выросли объемы сырья для перерабатывающей промышленности. Так, в 2019 году молока-сырья произведено на 1,9 % больше, чем в 2018 году, при этом данный показатель получен за счет повышения продуктивности молочного скота. Надой молока в среднем на 1 корову в 2019 году составили 4297 кг, что больше, чем в 2018 году на 51 кг. Основная доля произведённого молока в 2019 году приходится на личные подсобные хозяйства населения – 473,4 тыс. тонн (около 86 %) из общего объема 547,4 тыс. тонн, что вызывает определенные трудности для молокозаводов, связанные со сбором сырья и его качеством (рисунок 4).

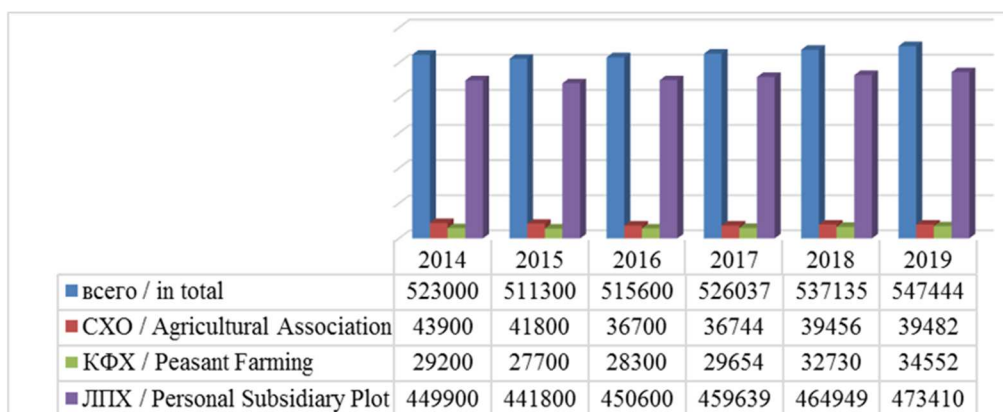


Рисунок 4 – Производство молока в хозяйствах Волгоградской области, тонн

Figure 4 – Milk production in the farms of the Volgograd region, tons

На рисунке 4 представлена динамика производства молока во всех типах хозяйств региона за период с 2014-2019 гг. Фактически производителями молока выступают личные хозяйства, которые, к сожалению, не обладают большим потенциалом роста произ-

водства и соответствующими санитарными условиями. К тому же, подобная практика создает определенные трудности для молочных заводов – возникает необходимость в своевременном сборе молока у населения, организации его охлаждения и своевременной транспортировке для переработки. Существующие объемы производства молочного сырья не обеспечивают потребности в молоке перерабатывающих заводов [6].

На сегодняшний день самыми большими объемами переработки в регионе владеют федеральные компании. Danone принадлежит Волгоградский молочный комбинат (до 100 тыс. т. сырья в год), а Фудлэнд - Еланский сыродельный комбинат (до 180 тыс. т. в год). Фактически эти 2 завода перерабатывают половину произведенного в регионе молочного сырья, другая половина молока используется на остальных предприятиях. Кроме этого, почти 25 % молочного сырья завозится для переработки из других регионов. Безусловно, с экономической точки зрения для Волгоградской области наиболее целесообразно наращивать объемы молочного сырья местными товаропроизводителями [9].

Таблица 1 – Фрагмент исходных вводных данных для нейросети

Table 1 – A fragment of the initial input data for a neural network

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2	Поголовье КРС, голов	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019/2014, %
3	Всего	322100	307000	308200	297036	301980	320460	99,50
4	СХО	44300	39800	35900	32284	30004	30364	68,50
5	КФХ	54000	51600	58300	58880	66036	77130	142,80
6	ЛПХ	223800	215600	214000	205872	205940	212966	95,20
7	в т.ч. коров, голов							
8	всего	164800	158700	158000	158444	163212	172274	104,50
9	СХО	19300	17400	15700	13320	13091	12766	66,10
10	КФХ	33800	32300	33600	34781	39894	44946	133,00
11	ЛПХ	111700	109000	108700	110343	110227	114562	102,60
12	из них молочных, голов							
13	всего	122594	121640	121580	123125	124883	129922	106,00
14	СХО	7387	8664	8011	7252	7170	7237	98,00
15	КФХ	4857	4926	5548	6175	8312	10004	206,00
16	ЛПХ	110350	108050	108021	109698	109401	112681	102,10
17								
18	Молочные и помесные коровы в СХО (МСХ)	12977	13376	12710	10952	10054	9625	74,20

На следующем этапе работы с программой входные данные были преобразованы и подготовлены для использования в нейросети (таблица 2).

Таблица 2 – Данные, импортированные в платформу Deductor

Table 2 – Data Imported into the Deductor Platform

Сценарий										
Связи кластеров X Карта Кохонена, Таблица X Диаграмма рассеяния X Что-если X Матрица сравнения X Профили кластеров X Обучающий набор X Статистика X										
COL1										
2014 2015 2016 2017 2018 2019 2019/2014, % 2019/2018, % Прогноз										
KPC, ВСЕГО голов 322100 307000 308200 297036 301980 320460 99,5 106,1 320460										
KPC в СХО 44300 39800 35900 32284 30004 30364 68,5 101,2 30364										
KPC в КФХ 54000 51600 58300 58880 66036 77130 142,8 116,8 77130										
ЛПХ 223800 215600 214000 205872 205940 212966 95,2 103,4 212966										
КОРОВ, всего 164800 158700 158000 158444 163212 172274 104,5 105,6 172274										
КОРОВ в СХО 19300 17400 15700 13320 13091 12766 66,1 97,5 12766										
КОРОВ в КФХ 33800 32300 33600 34781 39894 44946 133 112,7 44946										
КОРОВ в ЛПХ 111700 109000 108700 110343 110227 114562 102,6 103,9 114562										
МОЛОЧНЫЕ, всего 122594 121640 121580 123125 124883 129922 106 104 129922										
МОЛОЧНЫЕ в СХО 7387 8664 8011 7252 7170 7237 98 109 7237										
МОЛОЧНЫЕ в КФХ 4857 4926 5548 6175 8312 10004 206 120,4 10004										
МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ 110350 108050 108021 109698 109401 112681 102,1 103 112681										
МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ) 12977 13376 12710 10952 10054 9625 74,2 95,7 9625										
Молоко, всего, т 523000 511300 515800 526037 537135 547444 104,7 101,9 547444										
Молоко СХО, т 43900 41800 36700 36744 39456 39482 89,9 100,1 39482										
Молоко КФХ, т 29200 27700 28300 29654 32730 34552 118,3 105,6 34552										
Молоко ЛПХ, т 449900 441800 450800 459639 464949 473410 105,2 101,8 473410										
Производительность ВСЕГО, т 3942 4023 4135 4202 4246 4297 109 101,2 4297										
Производительность СХО, т 4556 4659 4528 4757 5265 5982 131,3 113,6 5982										
Производительность КФХ, т 3599 3627 3743 3812 3844 3860 107,3 100,4 3860										
Производительность ЛПХ, т 3914 3998 4133 4190 4207 4213 107,6 100,1 4213										

В нашем исследовании сделана попытка составить прогноз развития молочной отрасли животноводства региона на основе статистических данных за период с 2014-2019 гг. по поголовью молочного скотоводства и количеству произведенного молока. Для целей анализа и прогнозирования была использована академическая онлайн-платформа Deductor. Для построения нейросетевого прогноза в платформу были загружены входные параметры по динамике развития молочного животноводства Волгоградской области за последние 6 лет. Входные параметры включали численность поголовья крупного рогатого скота, в том числе количество молочных коров, объемы производства молока. Фрагмент исходных данных выглядел следующим образом (таблица 1).

Параметры последнего года в нейросети были приняты в качестве прогнозных и вставлены в обучающую выборку в колонке «Прогноз».

Полученная нейросетевая модель «Карта Кохонена» позволяет обеспечить визуализацию данных в двухмерном пространстве – на плоскости (рисунок 5).

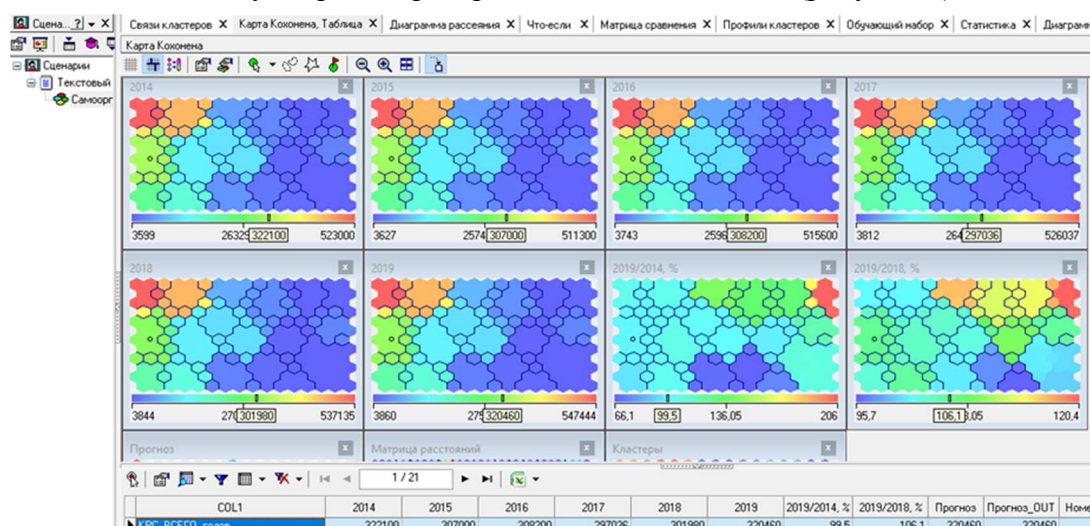


Рисунок 5 – Визуализация данных в нейросети «Карта Кохонена»

Figure 5 – Data visualization in the neural network «Map of Kohonen»

Так, поголовье всего в 2019 году составляло 320 460 голов, что отмечено точкой слева внизу рисунка на зеленом кластере.

Прогнозные значения по интересующим нас параметрам можно получить при использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 6).

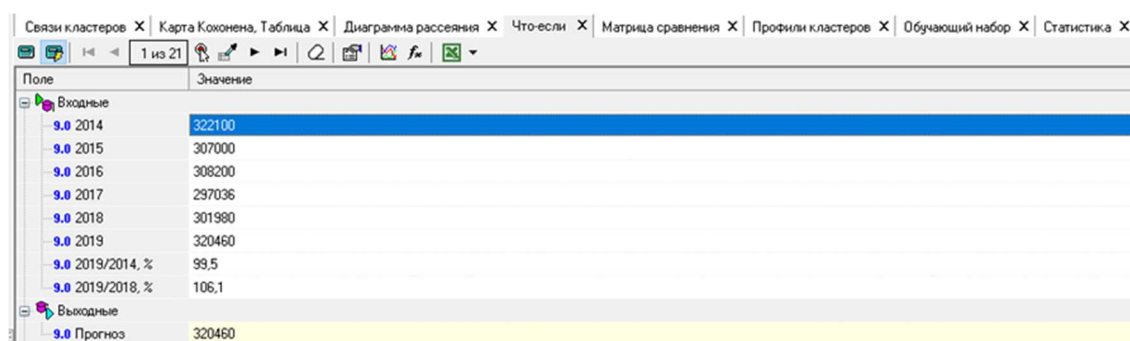


Рисунок 6 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения численности поголовья скота по всему объему входных параметров

Figure 6 – Using the «what-if» function in the neural network to get a forecast value for the number of livestock over the entire volume of input parameters

Применение функции «что-если» в нейросетевом моделировании позволило выйти на прогнозное значение общего поголовья крупного рогатого скота в Волгоградской области по всем категориям хозяйств на перспективу 3 года [8]. Так, прогнозное значение по параметру «Поголовье всего» составило для третьего года от последнего в выборке, то есть в 2022 году – 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 году.

Устойчивость построенной модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 7).

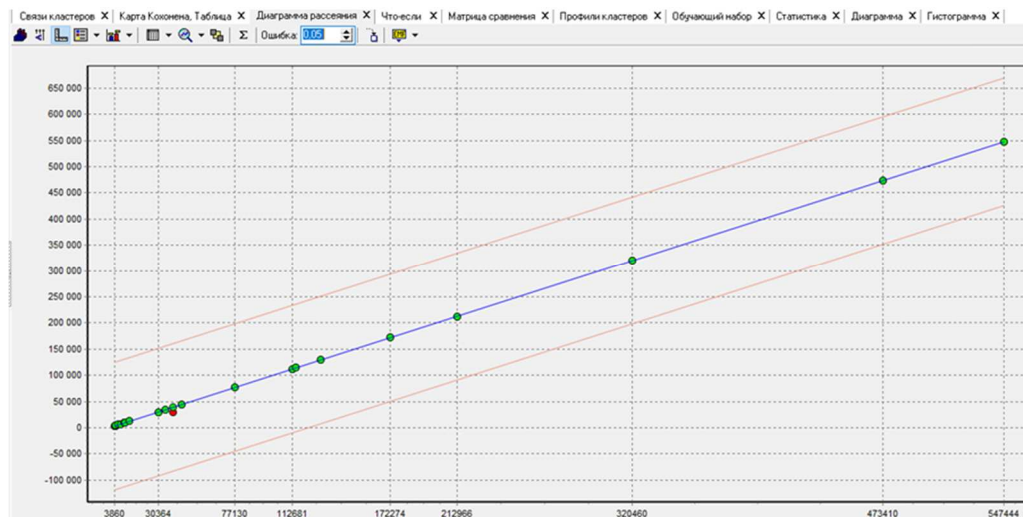


Рисунок 7 – Диаграмма рассеяния по параметрам общего поголовья крупного рогатого скота

Figure 7 – Scattering diagram for the parameters of the total number of cattle

Таким образом, значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений. На основании проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети «Карта Кохонена» обеспечивает визуализацию обрабатываемых данных и прогнозных значений;
- прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 г.;
- построенная модель устойчива, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;
- значение ошибки - нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Таблица 3 – Данные для импорта в платформу Deductor

Table 3 – Data for import into the Deductor platform

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		КРС, ВСЕГО голов	КРС в СХО	КРС в КФХ	ЛПХ	КОРОВ, всего	КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)
1														
2	2019	320460	30364	77130	212966	172274	12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625
3	2018	301980	30004	66036	205940	163212	13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054
4	2017	297036	32284	58880	205872	158444	13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952
5	2016	308200	35900	58300	214000	158000	15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710
6	2015	307000	39800	51600	215600	158700	17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376
7	2014	322100	44300	54000	223800	164800	19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977

На следующем этапе анализа проведем оценку прогнозных параметров по молочному поголовью крупного рогатого скота. С этой целью построим отдельные персептроны для выборки их общего массива входных параметров.

Первый персептрон построим по параметру «Молочное поголовье». Для его построения используем данные по общему и молочному поголовью из таблицы 1. Исходные данные были импортированы в платформу таким образом, чтобы они могли быть использованы как датасет для нейросети (таблица 3).

После импорта данных в платформу и их обработки была получена обучающая выборка для нейросети «Персептрон_ Молочное поголовье» (таблица 4).

Таблица 4 – Обучающая выборка для нейросети «Персептрон»

Table 4 – the Training sample for the neural network «Perceptron»

КРС в СХО	КРС в КФХ	ЛПХ	КОРОВ, всего	КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	МОЛОЧНЫЕ всего
30364	77130	212966	172274	12766	44946	114562	7237	10004	112681	9625	129922
30004	66036	205940	163212	13091	39894	110227	7170	8312	109401	10054	124883
32284	58880	205872	158444	13320	34781	110343	7252	6175	109698	10952	123125
35900	58300	214000	158000	15700	33600	108700	8011	5548	108021	12710	121580
39800	51600	215600	158700	17400	32300	109000	8664	4926	108050	13376	121640
44300	54000	223800	164800	19300	33800	111700	7387	4857	110350	12977	122594

Программа на основе обучающей выборки строит нейросеть на основе 11 входных параметров и выдает 1 выходной параметр – молочные всего. Граф персептрона представлен на рисунке 8.

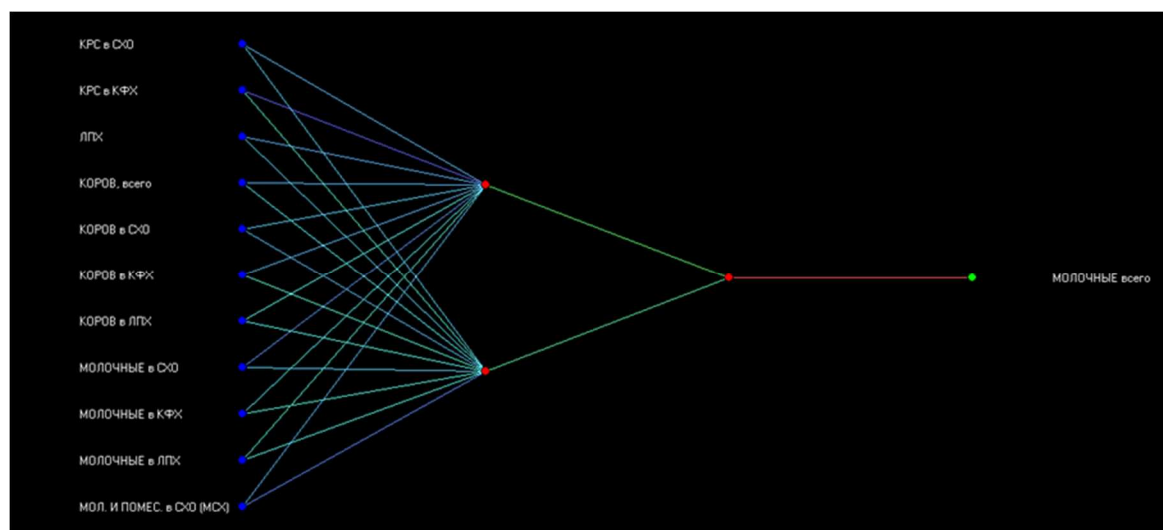


Рисунок 8 – Граф персептрона Молочные всего

Figure 8 – Count perceptron Dairy total

Нейросетевая модель содержит входной слой, выходной и два скрытых слоя. На входном слое имеется 11 параметров (количество голов): КРС, ВСЕГО голов, КРС в СХО, КРС в КФХ, ЛПХ, КОРОВ, всего, КОРОВ в СХО, КОРОВ в КФХ, КОРОВ в ЛПХ, МОЛОЧНЫЕ в СХО, МОЛОЧНЫЕ в КФХ, МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ, МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ). На выходном слое имеется единственный параметр - МОЛОЧНЫЕ всего.

Полученная Модель была обучена методом «backpropagation» - обратного распространения ошибки. Прогнозные значения по численности молочного поголовья коров можно получить при использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 9).

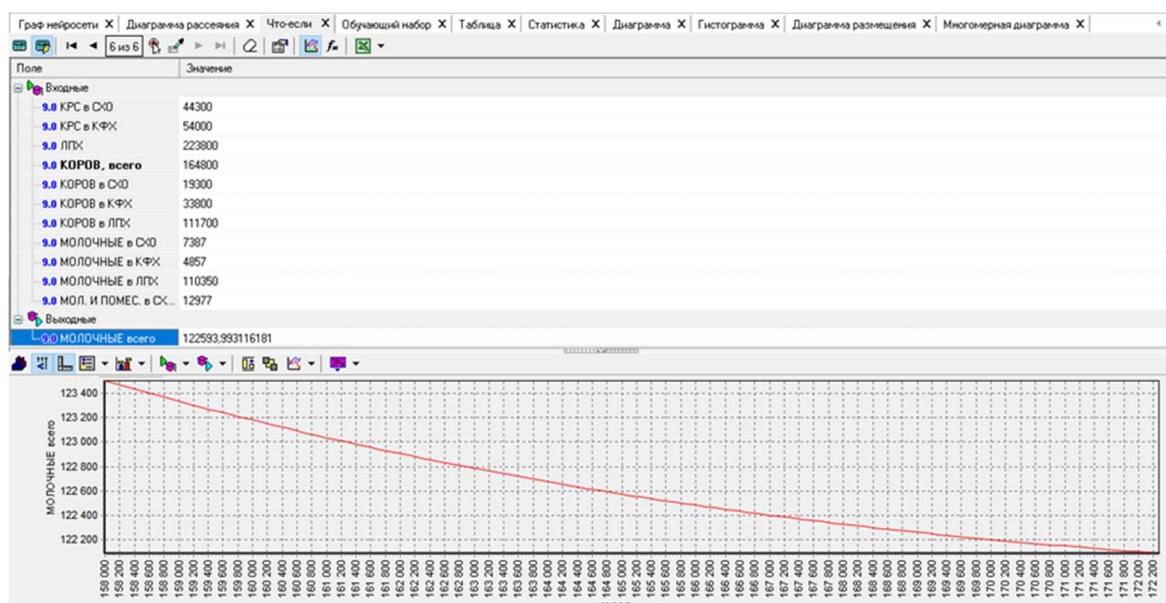


Рисунок 9 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения параметра МОЛОЧНЫЕ всего

Figure 9 - Using the «what-if» function in the neural network to get the forecast value of the parameter DAIRY total

Так, при подаче на вход нейросетевой модели численных значений 2019 г., расчетное прогнозное значение для третьего года от последнего, то есть 2022 года, по параметру «МОЛОЧНЫЕ всего» составило (122 593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. То есть по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %.

Устойчивость и достоверность модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 10).

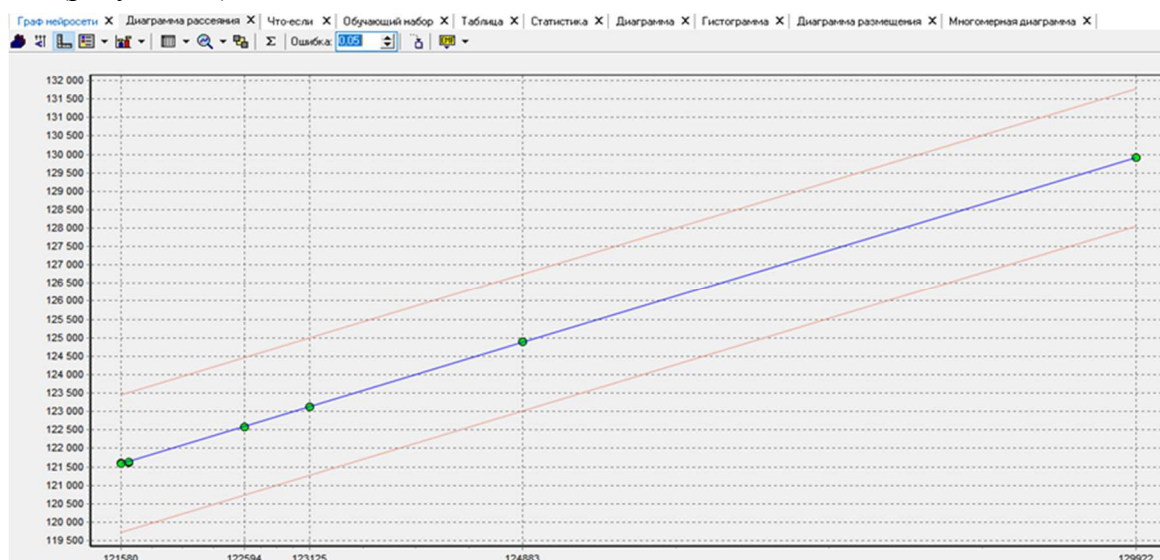


Рисунок 10 – Диаграмма рассеяния по параметрам общего молочного поголовья крупного рогатого скота

Figure 10 – Scattering diagram for the parameters of the total dairy livestock of cattle

Диаграмма прогнозных значений дает исчерпывающую информацию по прогнозным значениям рассматриваемых параметров (рисунок 11).

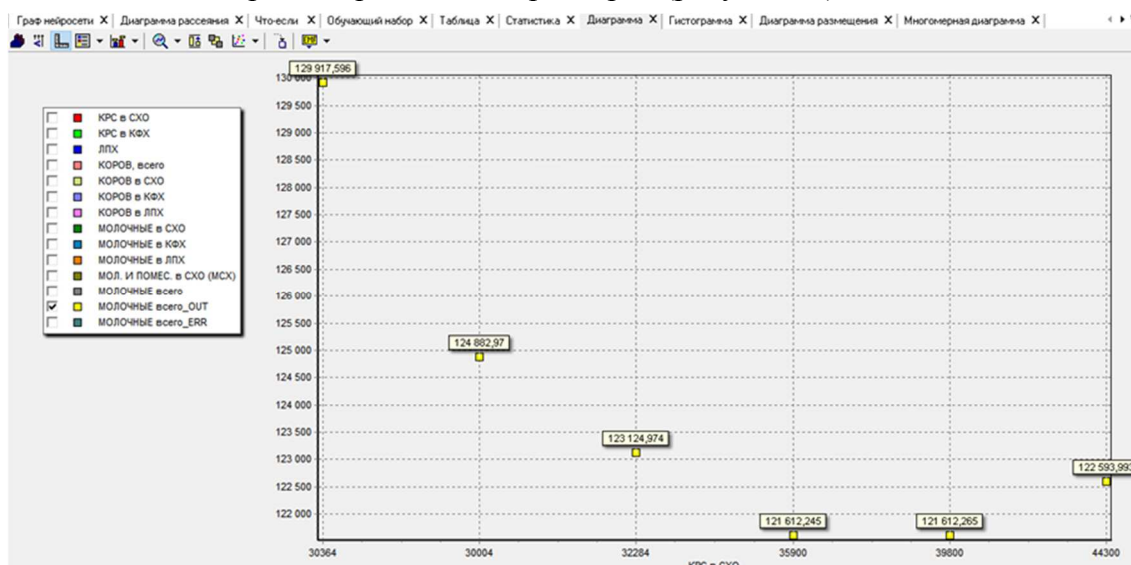


Рисунок 11 – Диаграмма прогнозных значений по молочному поголовью

Figure 11 – Diagram of forecast values for dairy livestock

Согласно представленному графику, значение ошибки – нулевое по среднему интервалу прогнозных значений, что дает возможность судить о высокой достоверности прогноза.

Таблица 5 – Данные по производству молока для импорта в платформу Deductor

Table 5 – Milk production data for import into the Deductor platform

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	Молоко СХО, т	Молоко КФХ, т	Молоко ЛПХ, т	Молоко всего, т
2	12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625	39482	34552	473410	547444
3	13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054	39456	32730	464949	537135
4	13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952	36744	29654	459639	526037
5	15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710	36700	28300	450600	515600
6	17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376	41800	27700	441800	511300
7	19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977	43900	29200	449900	523000

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети в построение персептрона обеспечивает визуализацию обрабатываемых данных и прогнозных значений;
- прогнозное значение по параметру «МОЛОЧНЫЕ всего» составило (122593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. То есть по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %;

- построенная модель устойчивая, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;
- значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Второй персептрон был построен по параметру «МОЛОКО». Для его построения были использованы входные параметры, из которых сделали выборку по производству молока в хозяйствах Волгоградской области [5]. Исходные данные были обработаны для применения в датасет для нейросети (таблица 5).

В результате подготовки данных была получена обучающая выборка для нейросети «Персептрон» (таблица 6).

Таблица 6 – Обучающая выборка для нейросети «Персептрон»

Table 6 – Training sample for the neural network «Perceptron»

КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	Молоко СХО, т	Молоко КФХ, т	Молоко ЛПХ, т	Молоко всего, т
12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625	39482	34552	473410	547444
13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054	39456	32730	464949	537135
13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952	36744	29654	459639	526037
15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710	36700	28300	450600	515600
17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376	41800	27700	441800	511300
19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977	43900	29200	449900	523000

Программа на основе обучающей выборки строит нейросеть на основе 11 входных параметров и выдает 1 выходной параметр – «Молоко всего». Граф персептрона представлен на рисунке 12.

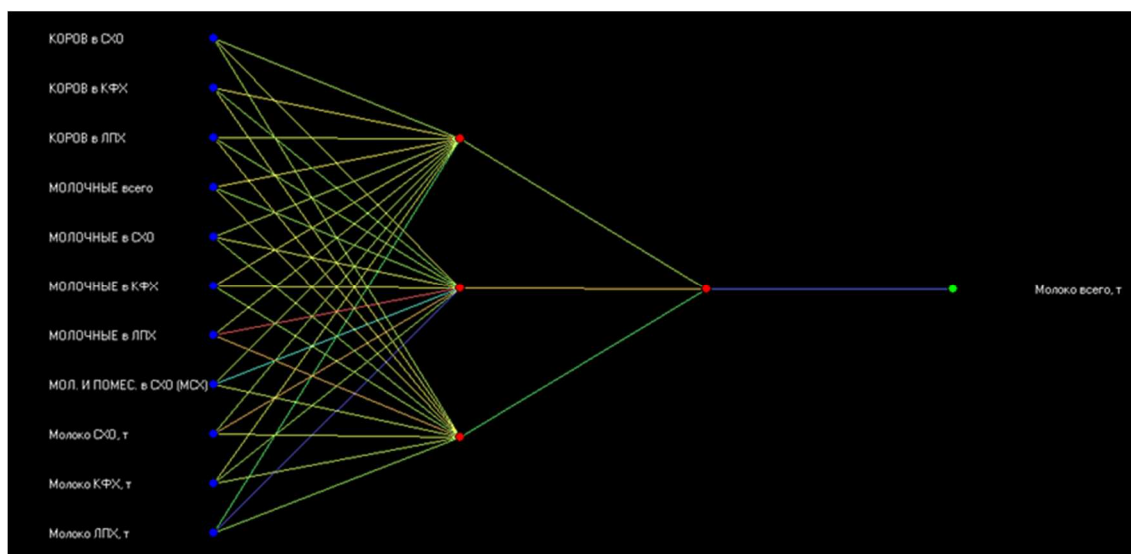


Рисунок 12 – Граф персептрона молоко всего

Figure 12 – Count perceptron milk total

Нейросетевая модель содержит входной слой, выходной и два скрытых слоя. На входном слое имеется 11 параметров (количество голов и надоев по молочным хозяйствам): КОРОВ в СХО, КОРОВ в КФХ, КОРОВ в ЛПХ, МОЛОЧНЫЕ всего, МОЛОЧНЫЕ в СХО, МОЛОЧНЫЕ в КФХ, МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ, МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ), Молоко СХО, т, Молоко КФХ, т, Молоко ЛПХ, тонн. На выходном слое имеется единственный параметр – Молоко всего, тонн. Модель была обучена методом «backpropagation» – обратного распространения ошибки.

Прогнозные значения по объему производства молока можно получить при использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 13).

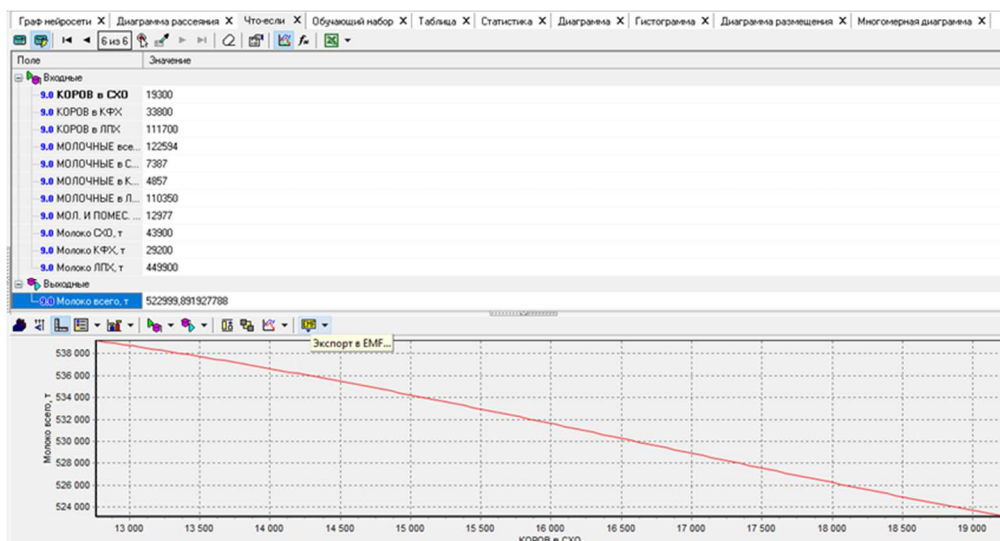


Рисунок 13 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения параметра Молоко всего, тонн

Figure 13 – Using the «what-if» function in the neural network to get the forecast value of the parameter Milk total, tons

Так, при подаче на вход нейросетевой модели численных значений 2019 г., прогнозное значение для третьего года по параметру «Молоко всего, т» составило 522999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. производства молока было 547 444 т. То есть по прогнозу, производство молока может сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 % [2].

Устойчивость и достоверность модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 14).

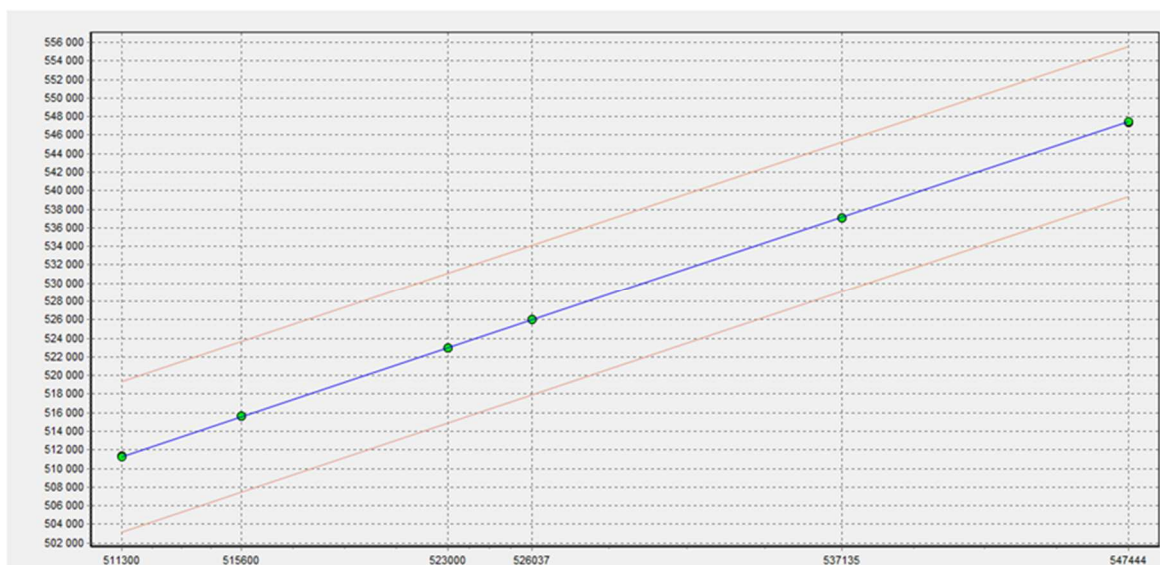


Рисунок 14 – Диаграмма рассеяния по параметрам производство молока

Figure 14 – Diagram of scattering on parameters of the milk production

Диаграмма прогнозных значений дает исчерпывающую информацию по прогнозным значениям рассматриваемых параметров (рисунок 15).

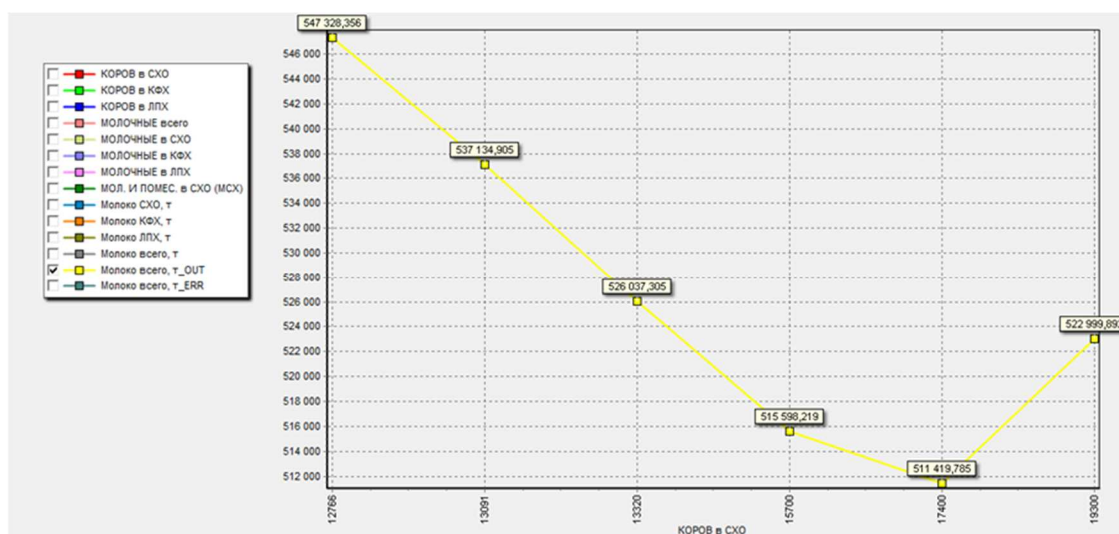


Рисунок 15 – Диаграмма прогнозных значений по производству молока

Figure 15 – Diagram of forecast values for milk production

Согласно представленному графику, значение ошибки – нулевое по среднему интервалу прогнозных значений.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети «Персептрон» обеспечивает расчет прогнозных значений [3];
- прогнозное значение для следующего года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 515 598 т. То есть по прогнозу, надой молока у молочного поголовья могут сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 %;
- построенная модель устойчивая, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;
- значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Построение 3 прогнозов развития молочного животноводства в Волгоградской области к 2022 году демонстрирует снижение производства молока, что требует коренного пересмотра существующей политики государственной поддержки молочной отрасли.

Выводы. Молочное животноводство Волгоградской области представляет собой важную часть сельского хозяйства и базу для перерабатывающих молочных заводов. Сегодня молочное животноводство не обеспечивает перерабатывающие предприятия региона молочным сырьем, поэтому 25 % молочного сырья завозится из других регионов [3].

Динамика развития поголовья крупного рогатого скота, поголовья коров молочной направленности демонстрирует небольшой рост. Проведенная оценка структурного состава динамики по категориям сельских хозяйств показала, что основной рост происходит в личных подсобных хозяйствах, которые не смогут обеспечить высокого потенциала для будущего роста отрасли ввиду органичности данных хозяйств в ресурсах. Основная доля произведенного молочного сырья, до 86 %, также приходится на личные подсобные хозяйства, что создаёт дополнительные сложности со сбором молока и его транспортированием на перерабатывающие предприятия. С этой целью необходимо пересмотреть структуру молочного животноводства в области, привлечь инвесторов в строительство и развитие молочных ферм на территории региона, выделить дополнительные субсидии на производство молока [8].

Оценка прогнозного развития молочного животноводства Волгоградской области по 11 входным параметрам с использованием инструмента «нейросетевое моделирование» позволила представить параметры отрасли на 2022 год. Итоги анализа включают в себя 3 направления прогноза: 1) прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 г.; 2) прогнозное значение по параметру «Молочные всего» составило (122 593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. И так, по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %; 3) прогнозное значение для 2022 года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 547 444 т. То есть по прогнозу, производства молока в регионе может сократиться на 244 44,11 тонн, или на 4,46 %.

Все построенные модели обладают высокой устойчивостью, поскольку все рассматриваемые параметры не выходят за границы доверительных интервалов диаграмм рассеяния, значения ошибок – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Библиографический список

1. Агроцифра 4.0: новые решения в производстве молока / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова, А. А. Кайдулина // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 2 (6). С. 20-27.
2. AI-система «Персептрон» для прогноза финансового результата деятельности предприятия нефтяной отрасли РФ / Н. И. Ломакин, О. Ч. Дженифер, О. А. Голодова, А. В. Сычева, В. В. Кабина // Фундаментальные исследования. 2019. № 12. С. 98-103.
3. Интеллектуальные тренды развития АПК / Г. В. Федотова, М. И. Сложенкина, Л. Ф. Григорян, Д. А. Куразова // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Экономика. Социология. Менеджмент. 2019. Т. 9, № 4. С. 84-95.
4. Итоги года 2019. Молоко и молочные продукты. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/> (дата обращ.: 31.12.2019).
5. Ломакин Н. И., Петрухин А. В. Системы искусственного интеллекта в цифровой экономике // Развитие бизнеса и финансового рынка в условиях цифровизации экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 14-15 ноября 2018 г.) / под общ. ред. А. Н. Бузова; Волгоградский филиал ФГБОУ ВО «Российский экономический ун-т им. Г. В. Плеханова». Волгоград, 2019. С. 38-42.
6. Оценка современного состояния молочного производства в России / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова, В. Н. Сергеев, А. В. Глущенко, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 189-197.
7. Рынок молока в России и за рубежом по итогам 3-го квартала 2018 // Агровестник. Аналитический центр при правительстве РФ. Режим доступа: <https://agrovesti.net> (дата обращ.: 31.12.2019).
8. Сельское хозяйство 4.0: цифровые тренды развития АПК: монография / Г. В. Федотова, И. Ф. Горлов, А. В. Глущенко, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, Д. А. Мосолова. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2019.
9. Сырых Т. Е. К вопросу о фальсификации молочной продукции и способах ее выявления // Международный ст. научный вестник. 2018. №6. С. 82-86.
10. Development of a recurrent neural networks-based calving prediction model using activity and behavioral data / A. S. Keceli, C. Catal, A. Kaya, B. Tekinerdogan // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 170, art. No. 105285. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105285.
11. Development of an artificial neural network based model for shelf-life prediction of Basundi mix -an Indian dairy product / A. P. Ruhil, R. R. B. Singh, D. K. Jain, A. A. Patel, G. R. Patil // Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence. IICAI, 2007, P. 1517-1524.
12. Digital Technologies in the Development of the Agro-Industrial Complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality : [proceedings of the 9th National Scientific and Practical Conference (Vladimir, Russia, April 17–18, 2019) / Institute of Scientific Communications (Volgograd, Russia), Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (Vladimir, Russia)] / ed. by

Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi. Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 220-229. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29586-8>. – (Book ser. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS); vol. 87).

13. Goyal S., Sharma A. K., Sharma R. K. Development of efficient artificial neural network and statistical models for forecasting shelf life of cow milk khoa - A comparative study // Communications in Computer and Information Science. 2011. No. 169 CCIS, P. 145-149. DOI: 10.1007/978-3-642-22577-2_20.

Conclusions. Dairy farming in the Volgograd region is an important part of agriculture and a base for processing dairy plants. Today, dairy farming does not provide the processing enterprises of the region with dairy raw materials; therefore, 25% of dairy raw materials are imported from other regions [11].

The dynamics of the development of cattle and dairy cows shows a slight increase. The assessment of the structural composition of the dynamics in the categories of rural farms showed that the main growth occurs in personal subsidiary farms, which will not be able to provide a high potential for future growth of the industry due to the organic nature of these farms in resources. The main share of dairy raw materials produced, up to 86%, also falls on private farms, which creates additional difficulties with collecting milk and transporting it to processing plants. For this purpose, it is necessary to review the structure of dairy farming in the region, attract investors to the construction and development of dairy farms in the region, allocate additional subsidies for milk production [12].

Evaluation of the forecast development of dairy farming in the Volgograd region by 11 input parameters using the neural network modeling tool allowed us to present the parameters of the industry for 2022. The results of the analysis include 3 directions of the forecast: 1) the forecast value for 2022 for the parameter "Livestock total" was 320,460 heads, which completely coincided with the actual value in 2019; 2) the forecast value for the parameter "Dairy total" was (122593,9931) 122594 heads, while the actual value in 2019 was 129922 heads. So, according to the forecast, the number of dairy livestock may decrease by 7328 heads, or by 5.6%; 3) the forecast value for 2022 for the parameter "Milk total, tons" was 522999.89 tons, while the actual value in 2019 was 547444 tons. That is, according to the forecast, milk production in the region may decrease by 24,444,11 tons, or by 4.46%.

All the constructed models are highly stable, since all the considered parameters do not exceed the confidence intervals of the scattering diagrams, and the error values are zero for all the forecast value intervals.

References

1. Agrotsifra 4.0: new solutions in milk production / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, N. I. Mosolova, A. A. Kajdulina // Agrarian and food innovations. 2019. No. 2 (6). P. 20-27.
2. AI-system "Perceptron" for predicting the financial results of the oil industry enterprises of the Russian Federation / N. I. Lomakin, O. Ch. Jenifer, O. A. Golodova, A. V. Sycheva, V. V. Kabina // Fundamental research. 2019. No.12. P. 98-103.
3. Intellectual trends in the development of the agro-industrial complex / G. V. Fedotova, M. I. Slozhenkina, L. F. Grigoryan, D. A. Kurazova // Bulletin of the Southwestern State University. Economy. Sociology. Management. 2019. Vol. 9, No. 4. P. 84-95.
4. Results of the year 2019. Milk and dairy products. Mode of access: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/> (date of service.: 31.12.2019).
5. Lomakin N. I., Petrukhin A. V. Artificial Intelligence Systems in the Digital Economy // Business and financial market development in the context of digitalization of the economy: materials of the international scientific and practical conf. (Volgograd, November 14-15, 2018) / edited by A. N. Burov; Volgograd branch of the "Russian Economic University named after G. V. Plekhanov". Volgograd, 2019. P. 38-42.
6. Assessment of the current state of dairy production in Russia / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, N. I. Mosolova, V. N. Sergeev, A. V. Glushchenko, E. S. Vorontsova // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). P. 189-197.

7. Milk market in Russia and abroad according to the results of the 3rd quarter of 2018. Agrovestnik. Analytical center under the government of the Russian Federation. Mode of access: <https://agrovesti.net> (date of service.: 31.12.2019).

8. Agriculture 4.0: digital trends in the development of the agro-industrial complex: monograph / G. V. Fedotova, I. F. Gorlov, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, D. A. Mosolova. Volgograd: SFERA, 2019.

9. Syrykh T. E. To the question of falsification of dairy products and methods for its detection // International Student Scientific Bulletin. 2018. No. 6. P. 82-86.

10. Development of a recurrent neural networks-based calving prediction model using activity and behavioral data / A. S. Keceli, C. Catal, A. Kaya, B. Tekinerdogan // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 170, art. No. 105285. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105285.

11. Development of an artificial neural network based model for shelf-life prediction of Basundi mix -an Indian dairy product / A. P. Ruhil, R. R. B. Singh, D. K. Jain, A. A. Patel, G. R. Patil // Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence. IICAI, 2007, P. 1517-1524.

12. Digital Technologies in the Development of the Agro-Industrial Complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality : [proceedings of the 9th National Scientific and Practical Conference (Vladimir, Russia, April 17–18, 2019) / Institute of Scientific Communications (Volgograd, Russia), Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (Vladimir, Russia)] / ed. by Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi. Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 220-229. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29586-8>. – (Book ser. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS); vol. 87).

13. Goyal S., Sharma A. K., Sharma R. K. Development of efficient artificial neural network and statistical models for forecasting shelf life of cow milk khoa - A comparative study // Communications in Computer and Information Science. 2011. No. 169 CCIS, P. 145-149. DOI: 10.1007/978-3-642-22577-2_20.

Authors Information

Fedotova Gilian Vasilievna, Doctor of Economics. sciences, associate professor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. S.-kh. sciences, professor, Scientific director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6), Head department food technology Volgograd State Technical University (400131, Volgograd, Russia, Av. Lenina, 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, corresponding member RAS, Dr. b. sciences, professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: slozhenkina@mail.ru

Glushchenko Alexandra Vasilievna, Doctor of Economics sciences, associate professor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: aleksa-gl@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, junior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6), phone: +7 (937) 5430456. E-mail: esvoronts@mail.ru

Mosolova Darya Alexandrovna, junior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Информация об авторах

Федотова Гилян Васильевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6), заведующий кафедрой пищевых технологий Волгоградского государственного технического университета (400131, Волгоград, Россия, пр. Ленина, д. 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6). E-mail: slozhenkina@mail.ru

Глушенко Александра Васильевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: aleksa-gl@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, Рокоссовского, 6), тел.: +7 (937) 5430456. E-mail: esvoronts@mail.ru

Мосолова Дарья Александровна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, Рокоссовского, 6). E-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-24

THE STUDY OF THE BIOLOGICAL VALUE OF THE NATIONAL MEAT PRODUCT ENRICHED WITH COLLAGEN PROTEIN HYDROLYSATE

V. N. Hramova^{1,2}, D. A. Skachkov¹, N. H. Guliyeva¹,
Ya. I. Hramova¹, E. S. Vorontsova^{2,3}

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

²Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia

³All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

The research was carried out as part of the dissertation research

Received 28.02.2020

Submitted 12.05.2020

Summary

The article presents the results of the development of the recipe and technology of the enriched national meat product for the prevention of osteoarthritis and the study of its biological value. The results of research have shown that the resulting enriched product has a higher biological value and a balanced amino acid composition compared to the traditional recipe and better meets the average daily need of the body for essential amino acids. In addition, the consumption of an improved product will contribute more to the synthesis of collagen in the human body and can be used for the prevention of osteoarthritis. The created product is useful for consumers who suffer from or are prone to osteoarthritis, but will be in demand by all groups of the population, so it is recommended for introduction into production by meat processing enterprises

Abstract

Introduction. The article considers the relevance of introducing the enriched meat product of Azerbaijani cuisine "Kutab" to the consumer market of the Russian Federation, which is a frozen semi-finished product in a test. The relevance of the study is confirmed by literature sources that indicate the ability of collagen to form fibrillar and microfibrillar networks of the extracellular matrix and basal membranes, which are the main components of connective tissue. In addition, they talk about the ability of collagen to create the structural integrity of tissues and organs. The concept of osteoarthritis and the most common places of damage to the human body and the symptoms of the disease, as well as the possibility of preventing this disease using fortified foods, are considered. The purpose of the work was to develop the recipe and technology of the enriched national meat product and study its biological value. **Object.** The object of research is a frozen meat semi-finished product in a test enriched with collagen protein hydrolysate. **Materials and methods.** The scientific study provided for optimization of the amino acid composition of the meat product in order to prevent osteoarthritis, for which the main meat raw materials were partially replaced and the product was enriched with collagen protein hydrolysate. To conduct research, a recipe was developed and two batches of frozen semi-finished meat were produced with different recipe composition: a control and an experimental one. Research to determine the organoleptic and physical-chemical parameters of the experimental samples was conducted using certified methods in an accredited laboratory. **Results and conclusion.** The analysis of

literature sources covering the biological compatibility of collagen protein hydrolysate, the ability to decompose in the human body and assimilation, proved the relevance of its use in the food industry, as well as the possibility of using it as a component for the development of healthy food. The directions of improvement and optimization of the traditional recipe of meat product of Azerbaijani cuisine by changing the recipe and enriching were studied and determined. Experimental data on the chemical composition, including amino acid composition of the national meat semi-finished product with the developed recipe, were obtained. In addition, the analysis of the average daily needs of the human body with interchangeable and essential amino acids contained in the experimental samples of semi-finished products of traditional and enriched recipes was carried out. When conducting experimental studies and developing frozen meat semi-finished products in the "Kutab" test, it was found that an adequate recipe for the national meat product was developed. The resulting enriched meat frozen semi-finished product in the test has a more balanced amino acid composition and, consequently, a higher biological value. Research proves the functionality of the developed enriched combined meat semi-finished product in the test of the national Azerbaijani cuisine "Kutab". The developed product has a higher nutritional value, including a balanced amino acid composition and consumer properties superior to the control sample of the traditional recipe. The product is useful for consumers who suffer from or are prone to osteoarthritis, but will be in demand by all groups of the population, so it is recommended for introduction into production by meat processing enterprises.

Key words: *enriched product, semi-finished product, combined product, hydrolyzed collagen, amino acids, osteoarthritis, «Kutab».*

Citation. Hramova V. N., Skachkov D. A., Guliyeva N. H., Hramova Ya. I., Vorontsova E. S. The study of the biological value of the national meat product enriched with collagen protein hydrolysate. *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2020. 2 (58). 240-251 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-24.

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 637.521.475:641.568

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО МЯСНОГО ПРОДУКТА, ОБОГАЩЕННОГО ГИДРОЛИЗАТОМ КОЛЛАГЕНОВОГО БЕЛКА

В. Н. Храмова^{1,2}, доктор биологических наук, профессор
Д. А. Скачков¹, кандидат биологических наук, доцент
Н. Г. Гулиева¹, магистрант
Я. И. Храмова¹, аспирант
Е. С. Воронцова^{2,3}, аспирант

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

²ФГБНУ Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

³ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.02.2020

Дата принятия к печати 12.05.2020

Исследования проведены в рамках выполнения диссертационного исследования

Актуальность. Представлены результаты внедрения на потребительский рынок Российской Федерации обогащенного мясного продукта азербайджанской кухни «Кутаб», который представляет собой замороженный полуфабрикат в тесте. Актуальность исследования подтверждается литературными источниками, которые свидетельствуют о способности коллагена формировать фибриллярные и микрофибриллярные сети внеклеточного матрикса и базальных мембран, которые являются основными компонентами соединительной ткани. Кроме того, они говорят о способности

коллагена создавать структурную целостность тканей и органов. Рассмотрено понятие остеоартроза и наиболее часто встречающиеся места поражения организма человека и симптомы болезни, а также возможность профилактики данного заболевания с использованием обогащенных пищевых продуктов. Цель работы заключалась в разработке рецептуры и технологии обогащенного национального мясного продукта и изучении его биологической ценности. **Объект.** Объектом исследований является мясной замороженный полуфабрикат в тесте, обогащенный гидролизатом коллагенового белка. **Материалы и методы.** Научное исследование предусматривало оптимизацию аминокислотного состава мясного продукта с целью профилактики остеоартроза, для чего частично заменяли основное мясное сырьё и обогащали продукт гидролизатом коллагенового белка. Для проведения исследований была разработана рецептура и изготовлены две партии замороженного мясного полуфабриката с различным рецептурным составом: контрольная и опытная. Исследования по определению органолептических и физико-химических показателей опытных образцов проводились с использованием аттестованных методик в аккредитованной лаборатории. **Результаты и выводы.** Проведен анализ литературных источников, освещающих биологическую совместимость гидролизата коллагенового белка, способность к распаду в организме человека и усвоению, доказана актуальность использования его в пищевой промышленности, а также возможность применения как компонента для разработки здоровой пищи. Изучены и определены направления улучшения и оптимизации традиционной рецептуры мясного продукта азербайджанской кухни путем изменения рецептуры и обогащения. Получены экспериментальные данные о химическом, в том числе аминокислотном составе национального мясного полуфабриката с разработанной рецептурой. Кроме того, проведён анализ обеспеченности среднесуточной потребности организма человека заменимыми и незаменимыми аминокислотами, содержащимися в опытных образцах полуфабрикатов традиционной и обогащенной рецептуры. При проведении экспериментальных исследований и выработке замороженного мясного полуфабриката в тесте «Кутаб» установлено, что разработана адекватная рецептура национального мясного продукта. Полученный обогащенный мясной замороженный полуфабрикат в тесте обладает более сбалансированным аминокислотным составом и, следовательно, более высокой биологической ценностью. Исследования доказывают функциональность разработанного обогащенного комбинированного мясного полуфабриката в тесте национальной азербайджанской кухни «Кутаб». Разработанный продукт обладает более высокой пищевой ценностью, в том числе сбалансированным аминокислотным составом и по потребительским свойствам превосходит контрольный образец традиционной рецептуры. Продукт полезен для потребителей, страдающих (или склонных) остеоартрозом, но будет востребован всеми группами населения, поэтому рекомендуется для внедрения в производство мясоперерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: *обогащенные мясные продукты, мясные полуфабрикаты, комбинированные мясные полуфабрикаты, гидролизированный коллаген, остеоартроз, кутабы.*

Цитирование. Храмова В. Н. , Скачков Д. А., Гулиева Н. Г., Храмова Я. И., Воронцова Е. С. Исследование биологической ценности национального мясного продукта, обогащенного гидролизатом коллагенового белка. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 240-251. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-24.

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. Блюда традиционной азербайджанской кухни популярны у людей различных национальностей как внутри республики, так и за её пределами, так как имеют особый характерный вкус.

Меню и вкусовая гамма азербайджанской кухни отличаются от кухонь других закавказских народов, несмотря на ряд сходных черт: одно сырьё, кухонная утварь, тип очага (тандыр). Основным мясом в азербайджанской кухне являются баранина и теля-

тина. Следует отметить, что в старинной азербайджанской кухне, кроме того, заметное место занимала дичь: фазаны, турачи, куропатки, перепелки, – ныне всё более заменяемая домашней птицей – в первую очередь курами и цесарками (Похлёбкин В. В. Азербайджанская кухня / Национальные кухни наших народов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983).

Остеоартроз является одним из самых распространенных заболеваний суставов, при котором поражается хрящевая ткань суставных поверхностей. При этом развивается плотная хрящевая ткань, не обладающая способностью впитывать и отдавать синовиальную жидкость. Он встречается в России у 10-12 % населения. Фраммингемское эпидемиологическое исследование (Framingham Osteoarthritis Study) показало, что за последние 20 лет частота встречаемости остеоартроза коленных суставов значительно (в 2-3 раза) увеличилась. В России заболеваемость остеоартрозом за последние годы выросла на 35 % [3, 8].

Остеоартроз распространен у синовиальных (подвижных) суставов, к которым относятся коленный, тазобедренный, локтевой и первый плюснево-фаланговый сустав. Вовлечение других суставов, таких как голеностопный, лучезапястный и плечевой, встречается редко и предполагает вторичную этиологию. Три основными симптомами являются боль, утренняя скованность и склонность пораженного сустава к неподвижности [6, 11].

Вышесказанное показывает, что проблема профилактики остеоартроза является актуальной в настоящее время. Суставные кости покрыты хрящевой тканью, толщиной 0,2 - 0,5 мм, основная функция которой амортизация во время движения. Хрящ состоит из волокон соединительной ткани, наполненных жидкостью. В спокойном состоянии жидкость питает хрящ, а во время движений он выпускает жидкость для смазки костей. В основе дегенеративных дистрофических изменений при остеоартрозе лежит первичное повреждение хряща с последующей воспалительной реакцией [1].

Применяемые фармакологические средства (в основном стероидные препараты) направлены преимущественно на уменьшение боли и повышение подвижности суставов, но не устраняют причину болезни. В последние годы широкое распространение приобрелинутрицевитические средства, содержащие гидролизат коллагена, глюкозамин, хондроитин сульфат и пр. вещества. Известно, что коллаген – это основной строительный белок, формирующий молекулярные цепи многочисленных эластичных (соединительной) тканей в организме человека. На его долю приходится 20-35 % от общего количества соединительной ткани. Гидролизированный коллаген, как источник специфических аминокислот, может быть строительным материалом для биосинтеза матрикса этой ткани в хряще [2].

Исходя из вышесказанного была поставлена задача разработки национального мясного продукта с использованием гидролизата коллагенового белка.

Целью работы является разработка комбинированного обогащенного мясного продукта, содержащего добавку гидролизата коллагенового белка, и изучение биологической ценности полученного продукта.

Материалы и методы. Объектом исследований является мясной замороженный полуфабрикат в тесте, обогащенный гидролизатом коллагенового белка. Исследования проводились на кафедре технологии пищевых производств (ТПП) Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ).

Для проведения исследования были изготовлены 2 партии мясного замороженного полуфабриката в тесте «Кутаб» с различным рецептурным составом.

Кутаб – национальный мясной продукт Азербайджанской Республики, где мясная начинка заворачивается в пресное тесто в форме полумесяца и края защипываются.

Производство исследуемых образцов мясных продуктов проводили в соответствии с действующей нормативной и технической документацией ГОСТ 32951-2014 по общепринятой технологии (Бунятов К. Г. Азербайджанская кулинария / К. Г. Бунятов, Н. М. Малеев // Азернешр. – 1982). В условиях лаборатории кафедры технологии пищевых производств (ТПП) ВолгГТУ были выработаны две партии мясного продукта «Кутаб», от которых в дальнейшем были отобраны пробы для исследования. Первая партия (контрольная) вырабатывалась по традиционной рецептуре и технологии, где в качестве основного мясного сырья выступала баранина. Во второй партии (опытная) рецептура и технология были изменены: 50 % основного мясного сырья – баранины – было заменено на мясо кур (цыплят-бройлеров) и вводилась добавка гидролизата коллагенового белка (БАД). Гидролизат коллагенового белка применяется в виде препарата «Marine collagen plus» в таблетированной форме для обеспечения среднесуточной потребности. Для дозирования, согласно разработанной рецептуре, таблетки измельчались в порошок на мельнице.

Исследования проводились на кафедре ТПП ВолгГТУ и в аккредитованной лаборатории ГНУ НИИММП г. Волгоград.

Отбор от партий и подготовку проб исследуемых мясных продуктов проводили по ГОСТ Р 51447-99; ГОСТ 32951-2014; ГОСТ 4288-76.

Физико-химические показатели изучали по следующим методикам: массовая доля белка – по ГОСТ 25011-2017; массовая доля жира – по ГОСТ 23042-2015; массовая доля влаги – по ГОСТ 33319-2015; массовая доля хлористого натрия – по ГОСТ 9957-2015; аминокислотный состав по методике измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза на системе «Капель-105М» М 04-38-2009.

Биологическая ценность продукта оценивалась по соответствию аминокислотного состава белков, исследуемых образцов «идеальному белку», для чего, в том числе, проводили расчет аминокислотного сора по общепринятой методике.

Подтверждение обогащения и функциональности разработанного мясного продукта – замороженный полуфабрикат в тесте «Кутаб», проводили согласно идентификационным понятиям, характеристикам и определениям, обозначенным в ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2011, ГОСТ Р 55577-2013 и ГОСТ Р 52349-2005. Заключение о функциональности продукта и иных приобретаемых им свойствах давалось в расчете на 100 г продукта, как этого требует нормативная документация (МР 2.3.1.2432-08).

Кроме того, исследование проведено с применением методов статистического анализа данных, сопоставления, аналогии и систематизации.

Результаты и обсуждение. Проведенная работа по разработке рецептуры национального мясного продукта (полуфабриката), с целью решения освещенной выше проблемы – профилактики остеоартроза – показывает возможный для этого путь через обогащение данного изделия гидролизатом коллагенового белка. Кроме того, для снижения себестоимости и балансирования аминокислотного состава полуфабриката проводилась частичная замена основного мясного сырья – баранины – на мясо кур (цыплят-бройлеров).

Коллаген является наиболее распространенным и вездесущим белком животного происхождения, который составляет примерно 30 % от общего белка. Существует, по меньшей мере, 29 видов коллагена. Они различаются с точки зрения их аминокислотной последовательности и состава, функций в организме и структуры [5, 7]. Глицин является одной из основных структурных единиц коллагена, составляя треть аминокислот [14]. Коллаген в основном присутствует во всех соединительных тканях, включая кожу, кости, хрящи, сухожилия и кровеносные сосуды жи-

вотных [4, 12, 13]. Он участвует в формировании фибриллярных и микрофибриллярных сетей внеклеточного матрикса и базальных мембран [9, 11, 17, 19]. Фибриллярный белок составляет основной белковый компонент костей, хрящей, сухожилий, кожи и других форм соединительной ткани. Коллаген образует большую прочность на разрыв и стабильные нерастворимые фибриллы, способствуя стабильности и структурной целостности тканей и органов [7, 10, 15, 18].

Гидролизированный коллаген относится к группе пептидов, которая появляется в результате протеолиза нативного коллагена типа 1; его молекулярная масса колеблется от 0,3 до 8 кДа. Он не желируется в растворе при комнатной температуре и растворим в холодной воде, поэтому его можно легко смешивать с другими продуктами. Кроме того, гидролизированный коллаген обладает нейтральным запахом, не имеет цвета и может использоваться в эмульсиях в качестве стабилизатора [16]. Коллаген в результате его превосходной биологической совместимости и способности к разложению, со слабой антигенностью широко применяется в пищевой промышленности [13]. В настоящее время коллаген стал востребованным ингредиентом для разработки здоровой пищи. Синтез коллагена в организме уменьшается с возрастом и неправильным питанием. Следует отметить, что получение организмом коллагена через диету более предпочтительно и естественно для большинства людей, чем через инъекции. В связи с этим коллаген используют в производстве различных продуктов питания и напитков [7].

Наши исследования, в том числе, состояли из разработки рецептуры и модификации технологии в связи с заменой основного мясного сырья – баранины – на комбинацию мяса птицы и баранины с добавлением коллагена. Адекватность разработанной рецептуры и технологии доказывается улучшением химического состава мясной составляющей полуфабриката (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав мясной составляющей полуфабриката «Кутаб»

Table 1 – Chemical composition of the meat component of the semi-finished product «Kutab»

Показатель / Indicator's	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец / Prototype
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	13,32±0,20	15,00±0,26
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	9,60±0,16	7,50±0,12
Массовая доля хлористого натрия, % / Mass fraction of sodium chloride, %	1,15±0,09	1,35±0,11

Исходя из вышеприведенных данных, можем сделать вывод о том, что пищевая ценность обогащенного продукта выше, так как питательные вещества, обуславливающие её, имеют более выгодные значения, а именно, меньшее содержание жира (на 2,1 %) и большее белка (на 1,68 %). Продукт будет более полезным в диетическом плане за счет снижения количества жира и соответственно энергетической ценности.

Биологическая ценность белка характеризуется наличием и степенью соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка.

Проводя изменения традиционной рецептуры продукта, мы ставили задачу повлиять на аминокислотный состав продукта, в сторону его улучшения, в отношении аминокислот, которые входят в состав коллагена. Сравнительный аминокислотный состав продукта отражен в таблице 2 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 2 – Содержание аминокислот в исследуемых образцах
мясного полуфабриката, мг%

Table 2 – The content of amino acids in the studied samples of meat semi-finished products, mg%

Аминокислоты / Amino acids	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец / Prototype
<i>Незаменимые аминокислоты, в т.ч.: / Essential amino acids, including:</i>		
валин / valine	918,40±0,11	980,40±0,09
лейцин + изолейцин / leucine + isoleucine	2141,28±0,24	2236,28±0,18
лизин / lysine	702,00±0,05	846,00±0,07
метионин / methionine	287,90±0,01	351,90±0,02
треонин / threonine	446,64±0,04	528,64±0,04
триптофан / tryptophan	114,30±0,01	125,30±0,01
фенилаланин / phenylalanine	842,00±0,07	871,00±0,07
<i>Заменимые аминокислоты, в т.ч.: / Non-essential amino acids, including</i>		
аланин / alanine	646,52±0,08	659,52±0,03
аргинин / arginine	926,00±0,09	1289,00±0,11
гистидин / histidine	432,40±0,04	416,00±0,03
глицин / glycine	667,00±0,06	772,00±0,04
пролин / proline	1073,00±0,16	1189,00±0,12
серин / serine	440,32±0,04	493,32±0,05
тирозин / tyrosine	298,60±0,02	318,60±0,01

Данные таблицы 2 показывают, что содержание всех изучаемых аминокислот (и заменимых, и незаменимых) в обогащенном мясном полуфабрикате значительно возросло. Это во многом объясняется частичной заменой баранины на мясо кур (цыплят-бройлеров), а также введением гидролизата коллагенового белка.

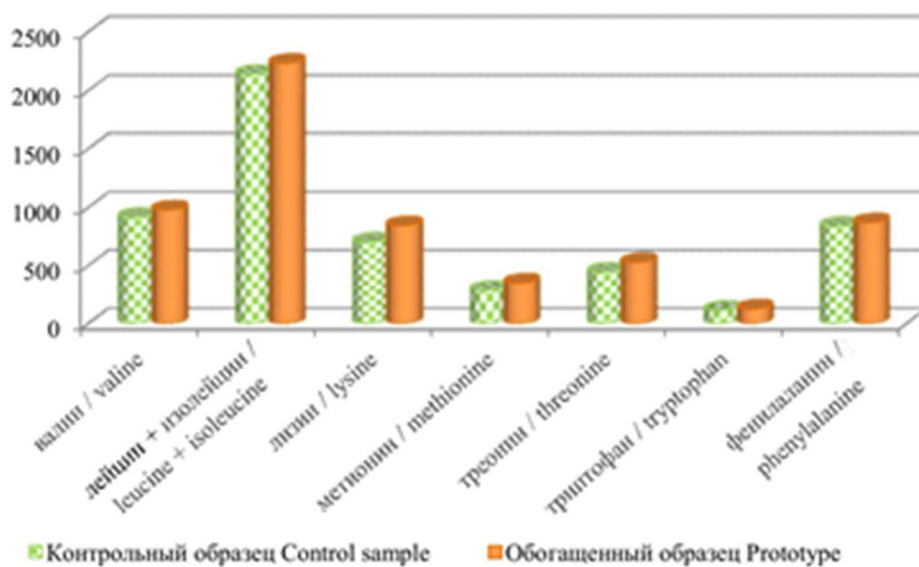


Рисунок 1 – Содержание незаменимых аминокислот в продукте, мг%

Figure 1 – The content of essential amino acids in the product, mg%

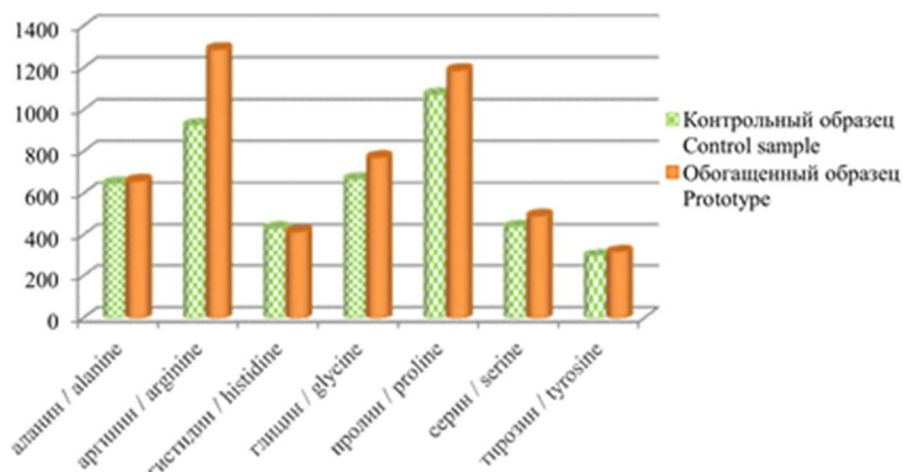


Рисунок 2 – Содержание заменимых аминокислот в продукте, мг%

Figure 2 - content of interchangeable amino acids in the product, mg%

Считаем, что употребление мясного полуфабриката «Кутаб» приведет к большему синтезу коллагена организмом человека, так как в него с продуктом будет поступать большее количество структурных элементов полипептидной цепи коллагена – аминокислот. Известно, что в состав коллагена в основном входят следующие аминокислоты: заменимые (глицин, пролин, аргинин и аланин), а также незаменимые (лизин). Согласно проведенным исследованиям (таблица 2), содержание этих аминокислот в обогащенном образце увеличилось на: глицина – 15,7 %, пролина – 10,8 %, аргинина – 39,2 %, аланина – 2,0 %, лизина – 20,51 %. В связи с этим полагаем, что употребление мясного полуфабриката, обогащенного гидролизатом коллагенового белка, и частичной заменой баранины на мясо кур будет способствовать профилактике остеоартроза человека.

С целью установления степени соответствия аминокислотного состава белков обогащенного полуфабриката «идеальному белку», произвели расчет аминокислотного сора по общепринятой методике (таблица 3).

Таблица 3 – Биологическая ценность белков обогащенного полуфабриката

Table 3 – Biological value of proteins of the enriched semi-finished product

Аминокислоты / Amino acids	Содержание незаменимых аминокислот, мг/100 г белка / Content of essential amino acids, mg/100 g of protein			Аминокислотный скор (AC), % / Amino acid score (AS), %	
	Эталонного белка ФАО/ВОЗ / The reference protein of FAO/WHO	Белка контрольного образца / Control sample protein	Белка опытного образца / Protein of the prototype	Белка контрольного образца / Control sample protein	Белка опытного образца / Protein of the prototype
Валин / Valine	5000	5029,57	4916,75	100,59	98,34
Лейцин + Изолейцин / Leucine + Isoleucine	11000	11726,62	11215,05	106,61	101,95
Лизин / Lysine	5500	3844,47	4242,73	69,90	77,14
Метионин / Methionine	3500	1576,67	1764,79	45,05	50,42
Треонин / Threonine	4000	2446,00	2651,15	61,15	66,28
Триптофан / Tryptophan	1000	625,96	628,39	62,60	62,84
Фенилаланин+Тирозин / Phenylalanine+Tyrosine	6000	6246,44	5965,90	104,11	99,43

Данные таблицы 3 позволяют говорить о том, что белок обогащённого полуфабриката по содержанию валина и суммы фенилаланина и тирозина приближен к идеальному белку, а лимитирующими (на 50-33 %) незаменимыми аминокислотами являются лизин, метионин, треонин и триптофан. Следует отметить, что опыт по изменению (обогащению) состава полуфабриката «Кутаб» привел к улучшению ситуации с аминокислотным скором по этим аминокислотам. А аминокислотный скор по наиболее лимитирующей аминокислоте – метионину – в обогащенном образце увеличился более чем на 5 %.

Далее провели анализ обеспеченности среднесуточной потребности (ССП) организма человека незаменимыми аминокислотами исследуемых образцов полуфабрикатов традиционной и обогащенной рецептуры (таблица 4).

Таблица 4 – Обеспеченность полуфабриката незаменимыми аминокислотами

Table 4 – Provision of the semi-finished products with essential amino acids

Аминокислоты / Amino acids	ССП по данным ФАО/ВОЗ, г/сутки / daily requirement according to FAO / WHO, g/day	Обеспеченность ССП 100 г продукта, % / Security daily requirement 100 g of product, %	
		Контрольный образец / Control sample	Опытный образец / Prototype
Валин / Valine	0,8	114,80	122,55
Изолейцин + Лейцин / Isoleucine + Leucine	1,8	118,96	124,24
Лизин / Lysine	0,8	87,75	105,75
Метионин / Methionine	1,1	26,17	31,99
Треонин / Threonine	0,5	89,33	105,73
Триптофан / Tryptophan	0,25	45,72	50,12
Фенилаланин / Phenylalanine	1,1	76,55	79,18

Из данных таблицы 4 становится ясно, что потребление 100 г мясного продукта «Кутаб» позволяет восполнить потребности организма человека во всех незаменимых аминокислотах. Наиболее полно это делает образец с измененной рецептурой мясной составляющей и обогащенный гидролизованным коллагеном по всем незаменимым аминокислотам. Следует отметить, что наименьшее удовлетворение наблюдается по метионину и триптофану соответственно на 32 и 50 %. Кроме того, по двум аминокислотам (лизин и треонин) контрольный образец не удовлетворяет ССП организма на 100 % в отличие от обогащенного образца.

Выводы. Обобщая вышесказанное, можно заключить, что разработана адекватная рецептура национального мясного продукта «Кутаб» в виде мясного замороженного полуфабриката в тесте. Полученный обогащенный продукт обладает более высокой биологической ценностью и сбалансированным аминокислотным составом по сравнению с традиционной рецептурой и лучше удовлетворяет среднесуточную потребность организма в незаменимых аминокислотах. Об этом говорят и полученные результаты по аминокислотному скору по наиболее лимитирующей аминокислоте – метионину – в обогащенном образце он увеличился более чем на 5 %. Следует отметить более высокое содержание в обогащенном образце продукта и заменимых и незаменимых аминокислот, которые входят в состав молекулы коллагена. Следовательно, потребление улучшенного продукта будет в большей мере способствовать синтезу коллагена в организме человека и может использоваться с целью профилактики остеоартроза.

Кроме того, наши исследования показали, что пищевая ценность разработанного обогащенного продукта выше, так как он более полезен в диетическом плане за счет снижения количества жира и соответственно энергетической ценности и содержит большее количество белка.

Таким образом, полученные данные подтверждают адекватность разработанной рецептуры комбинированного мясного полуфабриката в тесте национальной азербайджанской кухни «Кутаб» и доказывают его функциональность. Продукт полезен для потребителей, страдающих или склонных к остеоартрозу, но будет востребован всеми группами населения, поэтому рекомендуется для внедрения в производство мясоперерабатывающим предприятиям.

Библиографический список

1. Косарёв В. В., Бабанов С. А. Эффективность современных хондропротекторов при остеоартрозе // Медицинский совет. 2014. № 5. С. 92-99.
2. Николаева Т. И., Шеховцов П. В. Гидролизаты коллагена в профилактике и лечении заболеваний суставов // Фундаментальные исследования. 2014. № 12 (часть 3). С. 524-528.
3. Топчий Н. В. Артрадол (хондроитин сульфат) – новое средство в лечении остеоартроза // Ревматология. 2013. № 6. С. 313.
4. Aberoumand A. Comparative study between different methods of collagen extraction from fish and its properties // World Applied Sciences Journal 16. 2012. P. 316-319.
5. Bilek S. E., Bayram S. K. Fruit juice drink production containing hydrolyzed collagen // Journal of functional foods. 2015. No.14. P. 562-569. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.024>.
6. Cartilage lesions and ankle osteoarthritis: Review of the literature and treatment algorithm / A. L. G. Santos, M. K. Demange, M. P. Prado, T. D. Fernandes, P. N. Giglio, B. Hintermann // Rev. Bras. Ortop. 2014. P. 1-8.
7. Collagen in food and beverage industries / P. Hashim, M. S. Mohd Ridzwan, J. Bakar, D. Mat Hashim // International Food Research Journal. 2015. No.22. P. 1-8.
8. Effect of hyaluronic acids as chondroprotective in experimental model of osteoarthritis / M. Z. Oliveira, M. B. Albano, M. M. Namba, L. A. M. da Cunha, R. R. de L. Goncalves, E. S. Trindade [et al.] // Rev. Bras. Ortop. 2014. No.49. P. 62-68.
9. Effect of the novel low molecular weight hydrolyzed chicken sternal cartilage extract, bio-cell collagen, on improving osteoarthritis-related symptoms: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial / A. G. S. Schauss, J. Stenehjem, J. Park, R. J. Endres, A. Clewell // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. P. 1-6. DOI: <https://dx.doi.org/10.1021/jf205295u>.
10. Extraction and characterization of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) / D. Liu, L. Liang, J. M. Regenstein, P. Zhou // Food Chemistry. 2012. P. 1441-1448.
11. FasL expression in articular discs of human temporomandibular joint and association with osteoarthritis / F. de A. Camejo, L. E. Almeida, A. D. Doetzer, K. S. T. Caporal, V. Ambros, M. Azevedo [et al.] // Oral Pathol Med. 2014. No.43. P. 69-75. DOI: <https://10.1111/jop.12089>.
12. Gelatin controversies in food, Pharmaceuticals and personal care products: authentication methods, current status and future challenges / M. E. Ali, S. Sultana, S. B. A. Hamid, M. M. Hossain, W. A. Yehya [et al.] // Crit rev Food Sci Nutr 2016. No.29. P. 1-7.
13. Gelatin and antioxidant peptides from gelatin hydrolysate of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) scales: preparation, identification and activity evaluation / Q. Yi-Ting, W. Yu-Mei, Y. Xiu-Rong, Z. Yu-Qin, C. Chang-Feng, W. Bin. // Mar. Drugs. 2019. No.17. P. 1-17. DOI: <https://10.3390/md17100565>.
14. Hongdong S., Bo L. Beneficial Effects of Collagen Hydrolysate: A Review on Recent Developments // Journal of Scientific & Technical research. 2017. P. 1-4.

15. Human enriched serum following hydrolysed collagen absorption modulates bone cell activity: from bedside to bench and vice versa / F. Wauquier, A. Daneault, H. Granel, J. Prawitt, V. F. Soule, J. Berger [et.al.] // *Nutrients*. 2019. No.11. P. 1-17. DOI: <https://10.3390/nu11061249>.

16. Hydrolyzed collagen from sheepskins as a source of functional peptides with antioxidant activity / A. León-Lopez, L. Fuentes-Jimenez, A. D. Hernandez-Fuentes, R. G. Campos-Montiel, G. Aguirre-Álvarez // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. No.20. P. 1-17. DOI: <https://10.3390/ijms20163931>.

17. Identification of collagen types in tissues using HPLC-MS/MS / S. Pataridis, A. Eckhardt, K. Mikulikoca, P. Sedilakova, I. Miksik. // *Journal of Separation Sciences*. 2008. P. 3483-3488.

18. Mocan E., Tagadiuc O., Nacu V. Aspects of collagen isolation procedure // *Clinical Research Studies*. 2011. P. 3-5.

19. Muyonga J. H., Cole C. G. B., Duodu K. G. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (*Latesniloticus*) // *Food Chemistry*. 2004. P. 325-332.

Conclusions. Summarizing the above, we can conclude that an adequate recipe for the national meat product "Kutab" in the form of frozen meat semi-finished product in the test has been developed. The resulting enriched product has a higher biological value and a balanced amino acid composition compared to the traditional recipe and better meets the average daily need of the body for essential amino acids. This is evidenced by the results obtained on the amino acid score for the most limiting amino acid – methionine, in the enriched sample it increased by more than 5%. It should be noted that the enriched sample contains a higher content of both non-essential and non-essential amino acids, which are part of the collagen molecule. Therefore, the consumption of an improved product will contribute more to the synthesis of collagen in the human body and can be used for the prevention of osteoarthritis.

In addition, our research has shown that the nutritional value of the developed fortified product is higher, since it is more useful in the dietary plan by reducing the amount of fat and, accordingly, energy value, and contains more protein.

Thus, the data obtained confirm the adequacy of the developed recipe of the combined meat semi-finished product in the test of the national Azerbaijani cuisine "Kutab" and prove its functionality. The product is useful for consumers who suffer from or are prone to osteoarthritis, but will be in demand by all groups of the population, so it is recommended for introduction into production by meat processing enterprises.

Authors Information

Hramova Valentina Nikolaevna, professor of the Department of food production technology, Volgograd State technical University (28, Lenin avenue, Volgograd, 400005, Russia), Doctor of Biological Sciences, Professor, phone: +7 (8442) 24-81-47; 24-80-29; e-mail: hramova_vn@mail.ru; ftpp@vstu.ru

Skachkov Dmitriy Aleksandrovich, associate Professor of the Department of food production technology, Volgograd State technical University (28, Lenin avenue, Volgograd, 400005, Russia), Cand. Sci. (Bio.), phone: +7 (905) 4837955; +7 (8442) 24-84-47, e-mail: dm-sk@mail.ru

Guliyeva Naila Hamlet qizi, undergraduate of the Department of food production technology, Volgograd State technical University (VSTU), 28, Lenin avenue, Volgograd, 400005, Russia), phone: +7 (8442) 24-84-47, e-mail: tpp@vstu.ru

Hramova Yaroslavna Igorevna, graduate student of the Department of Industrial Ecology and Safety, Volgograd State technical University (28, Lenin avenue, Volgograd, 400005, Russia), phone: +7 (8442) 24-80-29, e-mail: ftpp@vstu.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, graduate student of the Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131, Russia), phone: +7 (937) 5430456, e-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Храмова Валентина Николаевна, профессор кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), доктор биологических наук, профессор, тел.: +7 (8442) 24-81-47; 24-80-29; e-mail: hramova_vn@mail.ru; ftpp@vstu.ru

Скачков Дмитрий Александрович, доцент кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), кандидат биологических наук, тел.: +7 (905) 4837955; +7 (8442) 24-84-47, e-mail: dm-sk@mail.ru

Гулиева Наиля Гамлет кызы, магистрант кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), тел.: +7 (8442) 24-84-47, e-mail: tpp@vstu.ru

Храмова Ярославна Игоревна, аспирант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), тел.: +7 (8442) 24-80-29, e-mail: fftp@vstu.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, улица имени Маршала Рокоссовского, 6), тел.: +7 (937) 5430456, e-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-25

INFLUENCE OF *Satureja montana* ESSENTIAL OIL ON THE FORMATION OF BIOLOGICAL SIGNS OF BROILER CHICKENS

**P. S. Ostapchuk¹, T. A. Kuevda¹, S. A. Yemelyanov¹, A. N. Kashirina¹,
V. M. Yermolaeva¹, Yu. E. Zyablitskaya², P. T. Makalish², S. V. Ostapova²**

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea», Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation*

²*Medical Academy named after S. I. Georgievsky (structural division) of the « V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation*

Received 23.01.2020

Submitted 18.05.2020

The research was supported by the administration of the Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea» within the framework of the state research program, registration number AAAA-A16-116022610122-2

Summary

The results of the using of *Satureja montana* essential oil during the broiler chickens rearing was stated in article. *Satureja montana* essential oil allows contribute to the intensification of the formation of biological characteristics of broiler chickens: live weight, blood biochemical indicators, meat productivity.

Abstract

Introduction. The search, characterization and use of natural antioxidants remain the focus of attention of numerous research groups around the world. An ideal antioxidant should be easily absorbed by the body and prevent the formation of free radicals at physiologically significant levels. Essential oils of plants provide a wide range of effects on a living organism, and therefore the main goal of our research was to study the effectiveness of using mountain savory essential oil (*Satureja montana*) on the main biological characteristics of broiler chickens. **Objects.** Cobb-500 cross broilers. Mountain savory (*Satureja montana*) essential oil. **Materials and methods.** Poultry conditions are in cages. Feeding (main diet, MD) is ready-made full-feed mixtures in accordance with physiological norms. Accounting indicators are the growth (live weight) of broilers, meat indicators, biochemical blood parameters, conjugation of the studied indicators (correlation), histology of muscle tissue. The control group (I group) of broilers chicken received the main diet (MD). The second (experimental) group received MD with the addition of essential oil of mountain savory. The third (experimental) group received MD with the addition of diluted savory essential oil of mountain savory: it was added at the rate of 150 ml of solution per 1 ton of water. The composition of the mountain savory essential oil includes the following controlled active ingredients: α -pinene, camphene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene (1-methyl-4-isopropenylcyclohexene-1), cineole (eucalyptol), γ -terpinene, para-cimen, cis-linalool oxide, sabinenhydrate, camphor, linalool, linalyl acetate, caryophyllene, caryophyllene oxide, thymol, carvacrol, most of which are plant phenols. The highest content is carvacrol (49.88%), paracymene

(15.76%), γ -terpinene (15.28%), α -pinene (2.52%), α -terpinene (2.07%) and thymol (0.23%). The level of reliability of the result obtained by the ratio of the statistical error to the correlation coefficient was analyzed according to three levels of statistical reliability ($p \leq 0.05 \dots 0.01 \dots 0.001$). **Results and conclusion.** In 1 month a highly reliable ($p \leq 0.001$) advantage in live weight of broiler chickens of second group over the control at 172.2 g or 11.0% was observed. The third group had a difference by 150.7 g (or 9.7%) in comparison with control group. In the age before slaughter (45 days), this trend persists at 169.1 (7.3%) ($p \leq 0.001$) and 115.0 (5.0%) ($p \leq 0.01$) grams, respectively. A significant ($p \leq 0.05$) advantage of RBC in chickens of the experimental second group at 0.53 cells per liter (or 18.2%) at the age of 1 month is observed, but the difference is within the normal limits. The protein content in serum blood in second group of chickens by 4.6 units or 17.7% was significantly higher. This fact indicates an increased protein synthesizing function of the body. The albumin content was also significantly higher by 2.9 units, or 13.0% in second group. An increased glucose content in chickens of the second group by 1.7 g / L was noted. The conjugation of live weight of chickens with biochemical blood indices was calculated. In the bird of the control group, the relationship between live weight and serum biochemical parameters was practically not observed. However, chickens in the experimental second group had a positive and reliable ($p \leq 0.05$) relationship with the total protein (0.91), albumin (0.93) and negative with alanine aminotransferase (-0.96). Almost the same pattern was preserved in chickens of third group: for the total protein of blood serum - 0.94 ($p \leq 0.05$), and for albumin - 0.93 ($p \leq 0.05$). One regularity was also noted for both experimental groups: the degree of positive relationship between albumin and total protein in the serum increases: in group II up to 0.95 units ($p \leq 0.05$), and in chickens of third group up to 0.98 units ($p \leq 0.05$). A significant advantage was noted in comparison with the control and experimental second group of chickens in terms of slaughter mass by 0.16 kg ($p \leq 0.01$), respectively, and by slaughter yield by 2.64% ($p \leq 0.05$). There is a significant ($p \leq 0.05$) advantage in second group of chickens in terms of the size of the internal organs involved in digestion are the muscle stomach, pancreas, spleen, liver and intestines by 13.2 (difference 33.8%), 1.0 (29.6%), 2.00 (60.0%), 12.0 (26.7%) and 26.3 (21.1%) grams, respectively. The slaughter mass of chickens from the experimental third group was significantly higher than the control group by 0.1 kg ($p \leq 0.05$). Chickens of this group also showed a significant advantage in terms of the development of the digestive system: goiter and esophagus (the difference is 0.1 g), muscle stomach (2.78 g), liver (6.67 g) and intestines (15.3 g). If the control group showed a reliable ($p \leq 0.001$) and high degree of conjugation between live weight and the mass of the heart, liver and intestines, then in the experimental second group this relationship was noted in connection with the slaughter weight ($p \leq 0.05 \dots 0.001$). Accordingly, the fighting output is also associated in chickens of the second group with similar indicators. The skeletal muscle in the chickens of the studied groups is represented by thick bundles of muscle fibers, separated from each other by connective tissue layers of endomysium, often having accumulations of fat cells. Fibers have a smooth running and well-defined transverse striation. The use of essential oil significantly increases the area and diameter of muscle fibers in the thigh muscle by 37,0 % and 29,0 %, respectively, in group II and 201,0 % and 15,0 % in group III. In chickens of the experimental groups, an increased content of inter-beam fat was also noted. Especially significant are these changes in the group using a suspension of essential oil of mountain savory.

Key words: Mountain savory (*Satureja montana*); biological indicators; Cobb-500 cross broiler chickens; biological indicators, correlation.

Citation. Ostapchuk P.S., Kuevda T.A., Yemelyanov S.A., Kashirina A.N., Yermolaeva V.M., Zya-blitskaya Yu.E., Makalish P.T., Ostapova S.V. Influence of *Satureja Montana* essential oil on biological indicators formation of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 251-265 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-25.

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 636.5.033.087.73

**ВЛИЯНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА *Satureja montana* НА ФОРМИРОВАНИЕ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ****П. С. Остапчук¹**, кандидат сельскохозяйственных наук**Т. А. Куевда¹**, младший научный сотрудник**С. А. Емельянов¹**, кандидат биологических наук**Н. А. Каширина¹**, младший научный сотрудник**М. В. Ермолаева¹**, младший научный сотрудник**Е. Ю. Зяблицкая²**, доктор медицинских наук**Т. П. Макашиш²**, кандидат биологических наук**В. С. Остапова²**, студент¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь²Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь

Дата поступления в редакцию 23.01.2020

Дата принятия к печати 18.05.2020

Исследования выполнены при поддержке администрации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в рамках государственной программы НИР, регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116022610122-2

Актуальность. Поиск, характеристика и применение природных антиоксидантов остаются в центре внимания многочисленных исследовательских групп по всему миру. Идеальный антиоксидант должен легко усваиваться организмом и предотвращать образование свободных радикалов на физиологически значимых уровнях. Эфирные масла растений обеспечивают широкий диапазон воздействия на живой организм, в связи с чем основной целью исследований стало изучение эффективности воздействия эфирного масла чабера горного (*Satureja montana*) на основные биологические признаки цыплят-бройлеров. **Объект.** Объектом исследований являлись цыплята-бройлеры кросса Кобб-500 и эфирное сало чабера горного. **Материалы и методы.** Кормление – готовые полнорационные кормовые смеси в соответствии с физиологическими нормами (ОР) – контрольная (первая) группа; II опытная группа – ОР + эфирное масло чабера горного; III опытная группа – ОР + эфирное масло чабера горного, разведённое из расчета 150 мл раствора на 1 т воды. Показатели учета: рост и развитие молодняка, мясные показатели, биохимические показатели крови, сопряженность изучаемых признаков (корреляция), гистологические срезы мышечной ткани. Основные компоненты изучаемого эфирного масла чабера горного: карвакрол (49,88 %), пара-цимен (15,76 %), γ-терпинен (15,28 %), α-пинен (2,52 %), α-терпинен (2,07 %) и тимол (0,23 %). **Результаты и выводы.** Отмечено высокодостоверное ($p \leq 0,01 \dots 0,001$) преимущество у цыплят-бройлеров при взвешивании в 1-мес. возрасте над контрольными на 172,2 г, или 11,0 %, получавших эфирное масло в чистом виде, и на 150,7 г (9,7 %), получавших раствор эфирного масла чабера горного. В возрасте перед убоем (45 дн.) данная тенденция сохраняется, соответственно, на 169,1 (7,3 %) и 115,0 (5,0 %) грамм. Достоверное ($p \leq 0,05$) преимущество по содержанию эритроцитов наблюдается у цыплят опытной группы, которые получали масло без разведения на 0,53 кл./л (18,2 %) в возрасте 1 мес., вместе с тем, разница находится в пределах нормы. Содержание белка отмечено достоверно выше у цыплят II группы на 4,6 ед., или 17,7 %; альбумина – выше на 2,9 ед. или 13,0 %. Отмечено повышенное содержание глюкозы у цыплят второй опытной группы на 1,7 г/л. У цыплят II группы положительная и достоверная ($p \leq 0,05$) связь с живой массой отмечена с общим белком (0,91), альбумином (0,93) и отрицательная – с аланинаминотрансферазой (-0,96). Практически аналогичная закономерность сохранена и у цыплят III группы: по общему белку в сыворотке крови – 0,94 ($p \leq 0,05$), и по альбумину – 0,93 ($p \leq 0,05$). Отмечена также для опытных групп одна закономерность – увеличивается степень положительной взаимосвязи между альбумином и общим протеином в сыворотке крови: у II группы – 0,95, а у цыплят III группы – 0,98 ($p \leq 0,05$). Если у контрольной группы отмечена достоверная

($p \leq 0,001$) и высокая степень сопряженности между живой массой и массой сердца (0,9), печени (0,98) и кишечника (0,9), то у опытной второй группы эта взаимосвязь отмечена, помимо развития внутренних органов, и в связи с убойной массой (0,98, $p \leq 0,05 \dots 0,001$). Соответственно, и убойный выход также положительно связан у цыплят второй группы с аналогичными показателями (0,9). Применение масла чабера достоверно увеличивает площадь и диаметр мышечных волокон в мышце бедра на 37,0 % и 29,0 % соответственно в группе II и 201,0 % и 15,0 % в группе III. У цыплят опытных групп отмечено также и повышенное содержание межпучкового жира.

Ключевые слова: чабер горный, *Satureja montana*, биологические признаки цыплят, цыплята-бройлеры, кросс кобб-500, рост цыплят-бройлеров.

Цитирование. Остапчук П. С., Куевда Т. А., Емельянов С. А., Каширина Н. А., Ермолаева М. В., Зяблицкая Е. Ю., Макалиш Т. П., Остапова В. С. Влияние эфирного масла *Satureja montana* на формирование биологических признаков цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 251-265. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-25.

Авторский вклад. Все авторы исследований 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. Поиск, характеристика и применение природных антиоксидантов остаются в центре внимания многочисленных исследовательских групп по всему миру. Идеальный антиоксидант должен легко усваиваться организмом и предотвращать образование свободных радикалов на физиологически значимых уровнях [12].

Сообщается о противомикробных свойствах экстрактов растений, содержащих полифенолы [14]. Среди фитобиотиков эфирные масла привлекли большое внимания благодаря своим антимикробным и стимулирующим рост и развитие животных и птицы свойствам [15]. Еще одной важной причиной использования эфирных масел является их кокцидиостатический эффект [23]. Во многих источниках сообщается о положительном воздействии эфирных масел на моторику желудочно-кишечного тракта [20]. Высокая антимикробная активность эфирного масла побудила исследователей использовать их вместе с наноматериалами, эфирными маслами других растений, эфирные масла и антибиотики в качестве потенциальных антимикробных агентов [19].

Эфирные масла, распыляемые через воздушную среду, в ветеринарии могут явиться перспективной альтернативой использующимся дезинфекционным средствам. Показано, что эфирные масла *Mentha piperita*, *Origanum vulgare*, *Citrus bergamia*, *Salvia officinalis* и *Syzygium aromaticum* являются эффективным альтернативным средством для дезинфекции инкубационных яиц. Эффективная доза для распыленных в воздушной среде эфирных масел для дезинфекции инкубационных яиц является 0.045 мл/м³. Использование эфирных масел безопасно для здоровья обслуживающего персонала [13, 18, 21].

Использование эфирных масел в Республике Крым представляет значительную ценность в агропромышленном комплексе региона и актуально для ряда производств: от парфюмерно-косметического и фармацевтического до пищевого и применения их в животноводстве [7, 8].

Таким образом, эфирные масла растений обеспечивают широкий диапазон воздействия на живой организм, в связи с чем основной целью наших исследований стало изучение эффективности использования эфирного масла чабера горного (*Satureja montana*) на основные биологические признаки цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили цыплята-бройлеры кросса кобб-500. Условия содержания птицы: клеточное. Кормление (основной рацион) – готовые полнорационные кормовые смеси в соответствии с физиологическими нормами (ОР) – контрольная первая группа, 30 голов. Показатели учета: рост и

развитие молодняка, мясные показатели, биохимические показатели крови, сопряженность изучаемых признаков (корреляция), гистологические срезы мышечной ткани. II опытная группа – ОР + эфирное масло чабера горного (0,2 мл на 30 голов спреем с последующим тщательным размешиванием комбикорма); III опытная группа (30 голов) – ОР + эфирное масло чабера горного, разведённое (из расчета содержания эфирного масла чабера горного в растворе не менее 50 мг/л); разведённое масло добавлялось из расчета 150 мл раствора на 1 т воды. Основные компоненты изучаемого эфирного масла чабера горного: карвакрол (49,88 %), пара-цимен (15,76 %), γ -терпинен (15,28 %), α -пинен (2,52 %), α -терпинен (2,07 %) и тимол (0,23 %).

Кормление бройлеров было разделено на три периода: первый (стартовый) – 1–14 дн., второй (ростовой) – 15–28 дн. и третий (финишный) – 29–45 дн. [10].

Изучаемые показатели: динамика содержания эритроцитов (RBC, кл. $10^{12}/л$) и лейкоцитов (WBC, кл. $10^9/л$) в цельной крови бройлеров в возрасте 1 месяца и перед убоем в камере Горяева. Перед убоем изучались показатели биохимии сыворотки крови, взятой из подкрыловой вены птицы: общий белок (PROT, g/L), альбумин (ALB, g/L), глюкоза (GLUC, g/L), аланинаминотрансфераза (ALT, u/L), аспарагинаминотрансфераза (AST, u/L), щелочная фосфатаза (ALP, u/L), креатинин (CREA, mmol/L), мочевины (UREA mmol/L), билирубин – общий (BIL-T, $\mu\text{mol/L}$) и прямой (D-BIL, $\mu\text{mol/L}$) α -амилаза (AMYL, u/L), калий (K, mmol/L), фосфор (P, mmol/L) на биохимическом анализаторе Vitalab Flexor E (Нидерланды) в клинко-диагностической лаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма». Для работы использовали биохимические реагенты производства «ДиаВетТест» (Россия). С целью изучения мясных качеств провели контрольный убой по три головы молодняка каждой группы. Показатели: убойный выход, масса внутренних органов. Сопряженность признаков – путем расчета коэффициентов корреляции (r) и анализом уровня достоверности полученного результата отношением статистической ошибки к коэффициенту корреляции ($p \leq 0,05 \dots 0,01 \dots 0,001$).

Одновременно производили взятие материала для гистологического исследования: из области правого бедра вырезали кусочки мышечной ткани размером $1 \times 2 \times 2$ см, фиксировали забуференным 10 %-ным формалином и доставляли в Центр коллективного пользования научным оборудованием «Молекулярная биология» Медицинской академии им. С.И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» [5, 11].

Через 36 часов фиксации кусочки мышц дегидратировали и пропитывали парафином в микроволновом гистопротессоре Logos (Mielstone, Италия), заливали в парафиновые блоки и изготавливали серийные срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином по стандартному протоколу. Готовые препараты фотографировали на микроскопе DM 2000 (Leica Microsystems, Германия) с объективами N Plan 10 $\times$ /0,25 и N Plan 40 $\times$ /0,65. Измерение диаметра и площади мышечных волокон, а также относительной площади среза, занимаемой мышечной тканью, осуществляли в программе ImageJ с использованием шкалы Stage Micrometer (TS-M1 P/N 106011).

Данные, полученные в результате исследований, обработаны методами вариационной статистики [1] с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. В последние десятилетия в программах выращивания цыплят-бройлеров произошли кардинальные изменения. Непрерывные процессы улучшения в кормлении и генетическом отборе родительских форм привели к получению современных кроссов с интенсивным ростом и развитием. В мясном интенсивном бройлерном птицеводстве разделены три фиксированных периода выращивания цыплят, а именно стартерный, ростовой и заключительный. Отмечено высокодостоверное

($p \leq 0,01 \dots 0,001$) преимущество у цыплят-бройлеров при взвешивании в 1-мес. возрасте над контрольными на 172,2 г, или 11,0 %, получавших эфирное масло в чистом виде и на 150,7 г (9,7 %), получавших раствор эфирного масла чабера горного. В возрасте перед убоем (45 дн.) данная тенденция сохраняется, соответственно, на 169,1 (7,3 %) и 115,0 (5,0 %) г (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика живой массы бройлеров в период опыта, г, $n=25$

Table 1 – The dynamics of the live weight of broilers during the experiment, g, $n=25$

	I группа / Group I	II группа / Group II	III группа / Group III
$X \pm S_X$	41,1 $\pm$ 0,4	41,4 $\pm$ 0,4	41,0 $\pm$ 0,3
$C_v, \%$	4,3	4,9	4,2
$X \pm S_X$	1560,8 $\pm$ 23,9	1733,0 $\pm$ 28,7***	1711,5 $\pm$ 26,7***
$C_v, \%$	7,7	8,3	7,8
$X \pm S_X$	2314,5 $\pm$ 31,4	2483,6 $\pm$ 16,0***	2429,5 $\pm$ 22,6**
$C_v, \%$	6,8	3,2	4,7

Примечание. Здесь и далее в таблицах: отличия от контрольной группы достоверны: * - при $p < 0,05$; ** - при $p < 0,01$; *** - при $p < 0,001$. / *Note.* Here and further in the tables: differences in comparison with the control group are significant under the following conditions: * - at $p < 0.05$; * - at $p < 0.01$; *** - at $p < 0.001$.

Понимание роли красных и белых клеток в здоровье и болезни требует знания некоторых фундаментальных аспектов их биохимии [16, 17]. Анализ подсчета красных и белых клеток крови проб, отобранных у цыплят в возрасте 1 мес. и перед убоем, приведен в таблице 2. Достоверное ($p \leq 0,05$) преимущество по содержанию эритроцитов наблюдается у цыплят опытной группы, получавших масло без разведения на 0,53 кл./л (18,2 %) в возрасте 1 мес., вместе с тем, разница находится в пределах нормы.

Таблица 2 – Динамика эритроцитов и лейкоцитов в цельной крови бройлеров в ходе эксперимента, $n=5$

Table 2 – Dynamics of red blood cells and white blood cells in the blood of broilers during the experiment, $n=5$

	I группа / Group I		II группа / Group II		III группа / Group III	
	Бройлеры в возрасте 1 месяца / Broilers at the age of 1 month					
	Эритроциты / RBC	Лейкоциты / WBC	Эритроциты / RBC	Лейкоциты / WBC	Эритроциты / RBC	Лейкоциты / WBC
X±S _X	2,93± 0,10	28,00± 1,15	3,47± 0,09*	29,33± 2,82	3,23± 0,13	31,00± 0,77
C _v , %	6,1	7,1	4,5	16,7	6,9	4,3
	Бройлеры в возрасте 42 дней / Broilers aged 42 days					
X±S _X	2,90± 0,04	28,33± 1,67	3,97± 0,06	34,67± 2,18	3,83± 0,13	34,00± 2,31
C _v , %	2,3	10,2	2,8	10,9	5,8	11,8

Оценка биохимических показателей сыворотки крови у птиц позволяет выявить метаболические изменения в силу влияния экзогенных и эндогенных факторов [3, 22], поэтому результаты биохимических показателей крови у бройлеров позволят расширить современные знания в биологии цыплят мясного типа выращивания. Биохимический анализ показателей сыворотки крови цыплят-бройлеров в наших исследованиях приведен в таблице 3.

Содержание общего белка, которое в наших исследованиях было достоверно выше у цыплят II группы на 4,6 ед., или 17,7 %, свидетельствует о повышенной белок-синтезирующей функции организма. В наших исследованиях у цыплят II группы также содержание альбумина было достоверно выше на 2,9 ед., или 13,0 %. На общий состав белков и соотношение отдельных его фракций влияют условия кормления [2, 4] и содержания птицы, физиологическое состояние организма и регуляторная функция центральной нервной системы [9].

Таблица 3 – Биохимия сыворотки крови бройлеров в опыте по использованию эфирного масла чабера горного, n=5

Table 3 – Broilers' blood serum biochemical parameters in the experiment on the use of *Satureja montana* essential oil, n=5

Показатель / Indicator	I группа / Group I		II группа / Group II		III группа / Group III	
	X±S _x	C _v , %	X±S _x	C _v , %	X±S _x	C _v , %
PROT	26,2±0,6	4,7	30,8±1,4*	10,3	29,6±2,3	17,2
ALB	22,2±0,3	3,1	25,1±1,0*	8,6	23,1±0,9	8,9
GLUC	8,8±0,5	11,8	10,5±0,4*	29,2	10,4±1,1	23,8
ALT	21,3±4,6	43,5	28,4±2,9	23,0	24,1±3,9	36,0
AST	399,5±13,2	6,6	419,7±14,4	7,7	394,8±19,8	11,2
ALP	2833,8±217,3	15,3	2119,2±208,1	22,0	2618,4±236,3	20,2
CREA	30,4±1,1	7,3	30,0±2,5	18,6	29,3±2,3	17,7
UREA	2,7±0,5	35,5	2,4±0,6	53,3	2,8±0,5	36,3
D-BIL	0,3±0,1	40,0	0,2±0,01	35,6	0,2±0,01	48,4
BIL-T	1,2±0,3	49,5	1,1±0,3	60,7	1,0±0,3	66,2
AMYL	704,8±44,7	12,7	944,4±103,1	24,4	655,6±109,2	37,2
K	5,5±0,1	3,3	5,5±0,1	3,5	5,3±0,2	7,6
P	2,16±0,1	7,6	2,1±0,1	13,5	2,1±0,1	12,6

Отмечено повышенное содержание глюкозы у цыплят второй опытной группы на 1,7 g/L. В литературных источниках сообщается, что скорость поступления глюкозы в эритроциты имеет прямую корреляцию. Специфический белок, участвующий в этом процессе, называется транспортером глюкозы и отвечает за проницаемость глюкозы. Процесс поступления глюкозы в эритроциты имеет большое значение, поскольку она является основным источником энергии для этих клеток. Около семи различных, но родственных транспортеров глюкозы были выделены из различных тканей; в отличие от переносчика эритроцитов, некоторые из них являются инсулинозависимыми (например, в мышечной и жировой тканях) [17]. В наших исследованиях повышенное содержание эритроцитов в определённой степени объясняет и повышенное содержание глюкозы в сыворотке крови цыплят. Вместе с тем, все показатели биохимии крови находятся в пределах нормы.

В опыте рассчитана сопряженность живой массы цыплят с биохимическими показателями крови. У птицы контрольной группы практически не отмечена достоверная взаимосвязь между живой массой и биохимическими показателями сыворотки крови. Однако, у цыплят II группы положительная и достоверная ($p \leq 0,05$) связь отмечена с общим белком (0,91), альбумином (0,93) и отрицательная – с аланинаминотрансферазой (-0,96). Практически аналогичная закономерность сохранена и у цыплят III группы: по связи живой массы с общим белком в сыворотке крови – 0,94 ($p \leq 0,05$), и альбумином – 0,93 ($p \leq 0,05$). Отмечена также для опытных групп одна закономерность – увеличивается степень положительной взаимосвязи между альбумином и общим протеином в сыворотке крови: у II группы – 0,95, а у цыплят III группы – 0,98 ($p \leq 0,05$). У цыплят второй группы положительная связь отмечена по сопряженности щелочной фосфатазы с уреазой (0,99) и α -амилазой (0,98), а также креатинином с конечными продуктами пигментного обмена (0,93–0,99). У цыплят III группы отрицательно взаимосвязано содержание глюкозы с уреазой (-0,96), общим билирубином (-0,96) и α -амилазой (-0,99) (таблица 4).

В процессе изучения убойных показателей птицы (n=3) отмечено достоверное преимущество, в сравнении с контролем, у цыплят II группы по убойной массе на 6,7 % ($1,79 \pm 0,02$ кг) ($p \leq 0,01$), соответственно, и по убойному выходу – на 4,0 % ($69,16 \pm 0,56$) ($p \leq 0,05$). Отмечается достоверное ($p \leq 0,05$) преимущество у цыплят II группы по вели-

чине внутренних органов, участвующих в пищеварении: мышечный желудок ($52,20 \pm 1,31$ г), поджелудочная железа $4,42 \pm 0,20$ г), селезенка ($5,33 \pm 0,26$ г), печень ($57,00 \pm 1,54$ г) и кишечник ($151,33 \pm 2,44$), соответственно, разница с контролем 33,8, 29,6, 60,0, 26,7 и 21,1 %.

Таблица 4 – Сопряженность живой массы цыплят с биохимическими показателями сыворотки крови

Table 4 – The correlation of live weight of chickens with biochemical parameters of blood serum

	ALB	GLUC	ALT	AST	ALP	CREA	UREA	D-BIL	BIL-T	AMYL	Живая масса / Live weight
I группа / Group I											
PROT	-0,26	0,46	0,56	0,88	-0,76	-0,16	0,79	-0,7	-0,59	0,62	0,78
ALB		0,12	-0,4	-0,6	0,31	0,99	-0,29	0,42	0,64	-0,15	0,37
GLUC			-0,48	0,08	0,22	0,09	-0,18	0,3	-0,68	-0,38	0,67
ALT				0,81	-0,96*	-0,26	0,94*	-0,98*	0,03	0,96*	0,13
AST					-0,89*	-0,48	0,89	-0,90*	-0,55	0,76	0,41
ALP						0,17	-1,00*	0,99	0,11	0,68	-0,4
CREA							-0,14	0,29	0,65	0	0,44
UREA								-0,98*	-0,13	0,97*	0,45
D-BIL									0,13	-0,95*	-0,28
BIL-T										0,13	-0,29
AMYL											0,34
II группа / Group II											
PROT	0,95*	-0,45	0,35	-0,77	-0,35	0,42	-0,21	0,29	0,11	0,58	0,91*
ALB		-0,16	0,07	-0,86	-0,43	0,26	-0,32	0,12	-0,1	0,39	0,93*
GLUC			-0,96*	0,01	-0,05	-0,55	-0,19	-0,52	-0,6	-0,79	-0,26
ALT				-0,06	-0,14	0,31	-0,02	0,29	0,41	0,88	0,26
AST					0,82	0,24	0,76	0,38	0,54	-0,51	-0,96*
ALP						0,68	0,99*	0,77	0,81	0,98*	-0,7
CREA							0,79	0,99*	0,93*	0,03	0,02
UREA								0,86	0,89	-0,45	-0,59
D-BIL									0,97*	-0,05	-0,13
BIL-T										0	-0,29
AMYL											0,64
III группа / Group III											
PROT	0,98*	-0,54	0,35	0,14	-0,02	0,90*	0,67	0,47	0,69	0,51	0,94*
ALB		-0,47	0,18	0	0,17	0,86	0,56	0,29	0,59	0,42	0,93*
GLUC			-0,82	-0,85	-0,09	-0,85	-0,96*	-0,29	-0,96*	-0,99*	-0,23
ALT				0,94*	-0,47	0,61	0,89	0,69	0,88	0,89	0,11
AST					-0,26	0,51	0,83	0,43	0,81	0,9	-0,16
ALP						0,1	-0,16	-0,88	-0,13	-0,85	-0,12
CREA							0,9	0,39	0,91*	0,83	0,69
UREA								0,55	1,00*	0,97*	0,41
D-BIL									0,53	0,39	0,48
BIL-T										0,97*	0,43
AMYL											0,2

Убойная масса цыплят опытной III группы достоверно выше контроля на 6,4 % ($p \leq 0,05$) ($1,71 \pm 0,03$ кг). У цыплят этой же группы также наблюдалось достоверное преимущество по показателям развития органов пищеварения: мышечного желудка – ($49,67 \pm 0,64$ г) на 25,3 %, печени – ($51,67 \pm 2,57$ г) на 14,8 % и кишечника – ($140,33 \pm 4,49$ г) на 12,3 %.

Если у контрольной группы отмечена достоверная ($p \leq 0,001$) и высокая степень сопряженности между живой массой и массой сердца (0,9), печени (0,98) и кишечника (0,9), то у опытной второй группы эта взаимосвязь отмечена, помимо развития внутренних органов, и в связи с убойной массой (0,98, $p \leq 0,05 \dots 0,001$).

С целью изучения структуры мышечных волокон, были проведены гистологические исследования мышечных срезов (рисунки 1 и 2).

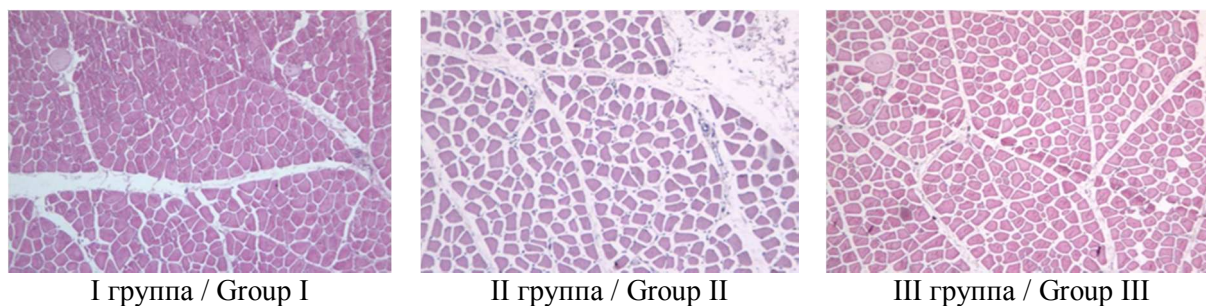


Рисунок 1 – Поперечные гистологические срезы грудных мышц бройлеров в опыте по изучению эффективности использования эфирного масла чабера горного, увеличение $\times 10$, окраска препарата – Гематоксилин-Эозин

Figure 1 – Histological sections of the breast muscles of broilers in the experiment to study the effectiveness of the use of mountain savory essential oil, increase $\times 10$, the color of the drug-Hematoxylin-Eosin

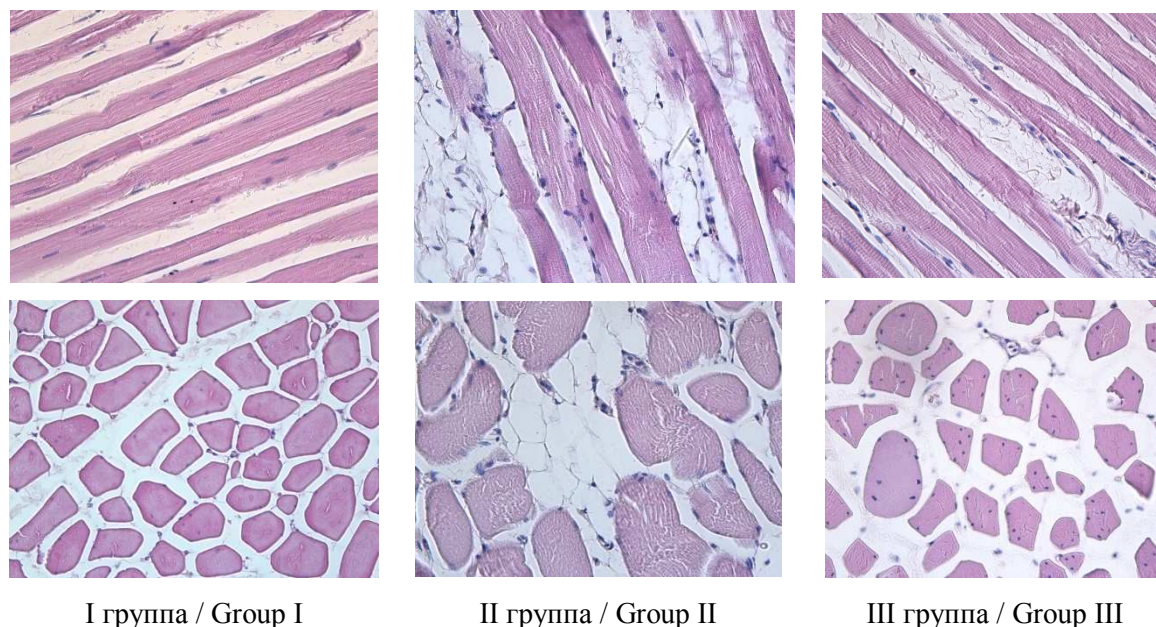


Рисунок 2 – Продольные (верхний ряд) и поперечные (нижний ряд) гистологические срезы бедренных мышц бройлеров в опыте по изучению эффективности использования эфирного масла чабера горного, увеличение $\times 40$, окраска препарата – Гематоксилин-Эозин

Figure 2 – Longitudinal (upper row) and transverse (lower row) histological sections of the femoral muscles of broilers in the experiment to study the effectiveness of the use of mountain savory essential oil, increase $\times 40$, color of the drug-Hematoxylin-Eosin

Скелетная мышца представлена толстыми пучками мышечных волокон, отделенных друг от друга соединительнотканными прослойками эндомизия. Группы мышечных пучков окружены перимизием, содержащим эластические волокна и скопления жировых клеток. Волокна обладают ровным ходом и хорошо выраженной поперечной исчерченностью.

В таблице 5 представлены результаты морфометрической оценки состояния мышечной ткани контрольной и опытных групп цыплят. Применение масла чабера горного достоверно увеличивает площадь и диаметр мышечных волокон в мышце бедра на 37,0 % и 29,0 % соответственно, во группе II и 201,0 % и 15,0 % в группе III. Одновременно уменьшается число мышечных волокон на единицу площади.

Таблица 5 – Морфометрические показатели мышечной ткани цыплят-бройлеров, $X \pm S_x$

Table 5 – Muscle tissue morphometric indicators of broiler chickens, $X \pm S_x$

Показатель / Indicator	I группа / Group I	II группа / Group II	III группа / Group III
Площадь мышечного пучка, мкм^2 / Muscle bundle area, μm^2	29495,74±1145,99	40611,00±1087,69*	88921,11±5532,32*
Диаметр пучка, мкм / Bundle diameter, μm	114,00±1,53	147,50±1,38*	132,00±0,91*
Соотношение мышечной к жировой ткани / The ratio of muscle to adipose tissue	1,8	1,1	1,7
Количество волокон на 100 000 мкм^2 , ед. / Muscle fibers number per 100,000 μm^2 , units	83,89±3,14	66,11±5,35	43,00±2,20*
Толщина эндомизия, мкм / The endomysium thickness, μm	10,19±0,65	8,55±0,61	8,79±0,81
Толщина перимизия, мкм / The perimysium thickness, μm	25,71±3,50	32,09±3,04	36,78±3,50*

У цыплят опытных групп также отмечено повышенное содержание межпучкового жира (таблица 5). Ввиду его расположения в волокнах перимизия, толщина последнего достоверно возрастает в опытных группах. Особенно значительны данные изменения в группе с применением суспензии масла чабера горного. Данный показатель является важным в оценке мраморности мышечной ткани, когда соотношение межпучковый/внутрипучковый жир должно быть в пределах 1,2 : 1–1,5 : 1 [6].

Выводы. В ходе исследований эффективности введения эфирного масла чабера горного отмечено достоверное ($p \leq 0,01$ – $0,001$) преимущество у цыплят-бройлеров при взвешивании в возрасте перед убоем (45 дней) на 172,2–150,7 г. Биохимический анализ крови выявил достоверное преимущество содержания белка в сыворотке крови, которое в наших исследованиях было достоверно выше у цыплят, получавших неразведенное эфирное масло на 4,6 ед., или 17,7 %, что свидетельствует о повышенной белоксинтезирующей функции организма. Содержание альбумина было достоверно выше на 2,9 ед., или 13,0 %, что дополнительно характеризует повышенную скорость роста, а также глюкозы у цыплят второй опытной группы. В целом, показатели биохимии крови цыплят всех групп находятся в пределах нормы. Отмечено достоверное преимущество в сравнении с контролем у цыплят опытной группы, получавших неразведенное эфирное масло по убойной массе на 0,16 кг (6,7 %) ($p \leq 0,01$), соответственно, и по убойному выходу – на 2,64 абс.%, или 4,0 % ($p \leq 0,05$). Отмечается достоверное ($p \leq 0,05$) преимущество у цыплят II группы по показателям органов, участвующих в пищеварении: мышечный желудок, поджелудочная железа, селезенка, печень и кишечник. У цыплят опытных групп отмечено повышенное содержание межпучкового жира на гистологических срезах. Данный показатель является важным в оценке мраморности мяса, когда соотношение межпучкового и внутрипучкового жира увеличивается до 1,7 ед.

Библиографический список

1. Вишневец А. В., Соболева В. Ф., Видасова Т. В. Биометрия в животноводстве: учеб.-метод. пособие для студентов, магистрантов по специальностям 1-74 80 03 «Зоотехния» и 1-74 80 04 «Ветеринария», аспирантов и соискателей. Витебск: ВГАВМ, 2017. 44 с.
2. Влияние премиксов и БВМК на гематологические показатели сельскохозяйственной птицы / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Корнеева, Бю В. Струк, В. Н. Рудников // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 229-238. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-02-28.
3. Гематологічний та біохімічний профілі крові курчат-бройлерів за впливу біологічно активної кормової добавки / Н. Е. Лісова, Н. В. Шкодяк [и др.] // Ветеринарні науки. 2018. № 1-2(47). С. 137-142.
4. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров / С. И. Николаев, Р. Н. Муртазаева [и др.] // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 203-213. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.
5. Конспект лаборанта-гистолога. Основы гистологического процесса / А. В. Тимофеев [и др.]. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2015. 64 с.
6. Максимов А. Г. Генотип и гистостроение мышечной ткани подсвинков // Ветеринарная патология. 2014. № 3-4 (49-50). С. 49-54.
7. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Актуальные направления биохимических исследований эфиромасличных растений (Обзор. Часть I) // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 102-124. Doi: 10.25637/TVAN2018.04.10.
8. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В. использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1(13). С. 16-38. Doi: 10.25637/TVAN2018.01.02.
9. Повозников Н. Г., Пустовая Н. В. Продуктивность и биохимический состав крови кур // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник научных трудов. Горки: БГСХА, 2013. Вып. 16. в 2 ч. Ч. 2. С. 206-218.
10. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова [и др.]. Сергиев Посад, 2019. 215 с.
11. Стратонов А. С., Щипакин М. В. Морфофункциональная характеристика мускулатуры стило- и зейгоподия у свиней породы ландрас в период новорожденности // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. –2016. № 4. С. 262-264.
12. Candan T., Bağdatlı A. Use of Natural Antioxidants in Poultry Meat // Celal Bayar University Journal of Science. 2017. V. 13. P. 279-291. Doi: 10.18466/cbayarfb.319752.
13. Estimation of quality and efficiently of application of a poultry feed supplement in feeding hubbard broiler chickens / I. Piskaeva, V. F. Dolganyuk, S. Yu. Noskova, O. S. Chaplygin // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. N.2. P. 137-144. doi: 10.21179/2308-4057-2017-2-137-144.
14. Gheisar M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review // Italian Journal of Animal Science. 2017. P. 1-6. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>.
15. Gopal K., Narang A. Use of essential oils in poultry nutrition: A new approach // Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. 2014. V.1. P. 156-162. Doi: 10.5455/javar.2014.a36.
16. Janz D. R., Ware L. B. The role of red blood cells and cell-free hemoglobin in the pathogenesis of ARDS // Journal of Intensive Care. 2015. N. 3. P. 20. Doi:10.1186/s40560-015-0086-3.
17. King W., Toler K., Woodell-May J. Role of White Blood Cells in Blood- and Bone Marrow-Based Autologous Therapie. Review Article // BioMed Research International. 2018. Article ID 6510842. 8 p. <https://doi.org/10.1155/2018/6510842>.
18. Natural Alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production. Review paper / R. Castillo-López, E. P. Gutiérrez-Grijalva [et al.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2017. P. 349-359. URL: https://www.researchgate.net/publication/316671322_Natural_alternatives_to_growth-promoting_antibiotics_GPA_in_animal_production.
19. Orchardand A., Sandyvan V. Commercial Essential Oils as Potential Antimicrobials to Treat Skin Diseases // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2017. P. 20-92. Doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4517971>.

20. Pharmacokinetic and antimicrobial activity of a new carvacrol- based product against a human pathogen, *Campilobacter jejuni* / M. Allaoua, P. Etienne, V. Noiro [et al.] // *Journal of Applied Microbiology*. 2017. P 1162-1171. Doi: 10.1111/jam.13915.

21. Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) Extract as Natural Feed Additive in Broilers: Effects on Growth, Plasma Constituents, Immune Response, and Ileal Microflora / S. Movahhedkhah, D. Rasouli, A. Seidavi [et al.] // *Animals*. 2019. N.9. P. 87-93. doi:10.3390/ani9030087.

22. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*) / M. Rajman, M. Juráni, D. Lamošová [et al.] // *Comp. Biochem. Physiol. A*. 2006. N. 145. P. 363-371. Doi: 10.1016/j.cbpa.2006.07.004.

23. The impact of a specific blend of essential oil components and sodium butyrate in feed on growth performance and *Salmonella* counts in experimentally challenged broilers / A. Cerisuelo, C. Marín, F. Sánchez-Vizcaíno [et al.] // *Poultry Science*. 2014. N.93. P. 599-606. Doi: [http://dx.doi.org/10.3382 P-599-606](http://dx.doi.org/10.3382/P-599-606).

Conclusions. A significant ($p \leq 0.01-0.001$) advantage in broiler chickens when weighed at the age before slaughter (45 days) was noted for 172.2-150.7 grams during studies of the effectiveness of the introduction of mountain savory essential oil. Biochemical blood analysis revealed a significant advantage of the total protein content in the blood serum, which was significantly higher in chickens of the second group by 4.6 units or 17.7%, which indicates an increased protein synthesis function of the body. The albumin content was significantly higher by 2.9 units or 13.0%, which further characterizes the increased growth rate. The glucose content of the chickens of the second experimental group is higher by 1.7 g / L. Indicators of blood biochemistry are within the normal range. There was a significant advantage in comparison with the control in chickens of the experimental group that received undiluted essential oil by the slaughter weight of 0.16 kg (or 6.7%) ($p \leq 0.01$), respectively, and by the slaughter yield of 2.64 abs.% or 4.0% ($p \leq 0.05$). There is a significant ($p \leq 0.05$) advantage in group II chickens in terms of the organs involved in digestion: the muscular stomach, pancreas, spleen, liver and intestines. The chickens of the experimental groups showed an increased content of interstitial fat on histological sections. This indicator is important in the assessment of meat marbling, when the ratio of interstitial and intraductal fat increases to 1.7 units.

References

1. Vishnevets A. V., Soboleva V. F., Vidasova T. V. Biometrics in animal husbandry: educational and methodical manual for students, undergraduates in specialties 1-74 80 03 "zootechny" and 1-74 80 04 "veterinary medicine", postgraduates and applicants. Vitebsk: Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine", 2017. 44 p.

2. The effect of premixes and BVMK on hematological indicators of poultry / S. I. Nikolayev [et al.] // *Proc. of the Lower Volga AgroUniversity Comp*. 2019. 2(54). 229-238. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-28.

3. Hematological and biochemical blood profile of broiler chicken at application of biological active feeding / N. Lisova, N. Shkodyak, M. Zhyla, T. Levytskyi, O. Mykhaljuk, G. Nedilka, G. Mykhalus // *Veterinary sciences*. 2018. No 1-2 (47). P.137-142. (in Ukrainian).

4. Consequence of using the «camelina cake» during the process of feeding the broiler chickens / S. I. Nikolaev [et al.] // *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2019. 2(54). 203-213. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.

5. Synopsis of the laboratory histologist. Basics of the histological process / A. V. Timofeev [et al.]. Saint-Petersburg: Publishing house of medical literature Elbi-SPb, 2015. 64 p. (in Russian).

6. Maksimov A. G. Genotype and histological structure of the muscle tissue of pigs // *Veterinary pathology*. 2014. No. 3-4 (49-50). P. 49-54. (in Russian).

7. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Actual and contemporary directions of biochemical research of oil-bearing plants (Review, part I) // *Taurida Herald of the Agrarian sciences*. – 2018. N.4(16). P. 102-124. (in Russian). Doi: 10.25637/TVAN2018.04.10.

8. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (Review) // Taurida Herald of the Agrarian sciences. 2018. N.1(13). P. 16-38. (in Russian). Doi: 10.25637/TVAN2018.01.02.
9. Povochnikov N. G., Pustovaya N. V. Productivity and biochemical composition of blood of hens // Actual problems of intensive development of animal husbandry: Collection of scientific papers / chief editor A.P. Kurdeko. Gorki: Belarusian state agricultural Academy, 2013. Vol. 16. at 2 parts. 2nd part. P. 206-218. (in Russian).
10. Rukovodstvo po kormleniyu sel'skohozyajstvennoj pticy [Guide to feeding poultry] / I. A. Egorov V. A. Manukyan, T. N. Lenkova [et al.]. Sergiev Posad, 2019. 215 p. (in Russian).
11. Stratonov A. S., Shchipakin M. V. Morphofunctional characteristics of the muscles of the stylo- and zeigopodia in Landras pigs during the neonatal period // questions of normative 2016. No. 4. P. 262-264. (in Russian).
12. Candan T., Bağdatli A. Use of Natural Antioxidants in Poultry Meat // Celal Bayar University Journal of Science. 2017. V. 13. P. 279-291. Doi: 10.18466/cbayarfb.319752.
13. Estimation of quality and efficiently of application of a poultry feed supplement in feeding hubbard broiler chickens / I. Piskaeva, V. F. Dolganyuk, S. Yu. Noskova, O. S. Chaplygin // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. N.2. P. 137-144. doi: 10.21179/2308-4057-2017-2-137-144.
14. Gheisar M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review // Italian Journal of Animal Science. 2017. P. 1-6. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>.
15. Gopal K., Narang A. Use of essential oils in poultry nutrition: A new approach // Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. – 2014. – V.1 – P. 156-162. Doi: 10.5455/javar.2014.a36.
16. Janz D. R., Ware L. B. The role of red blood cells and cell-free hemoglobin in the pathogenesis of ARDS // Journal of Intensive Care. 2015. N. 3. P. 20. Doi:10.1186/s40560-015-0086-3.
17. King W., Toler K., Woodell-May J. Role of White Blood Cells in Blood- and Bone Marrow-Based Autologous Therapie. Review Article // BioMed Research International. 2018. Article ID 6510842. 8 p. <https://doi.org/10.1155/2018/6510842>.
18. Natural Alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production. Review paper / R. Castillo-López, E. P. Gutiérrez-Grijalva [et al.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2017. P. 349-359. URL: https://www.researchgate.net/publication/316671322_Natural_alternatives_to_growth-promoting_antibiotics_GPA_in_animal_production.URL: https://www.researchgate.net/publication/316671322_Natural_alternatives_to_growth-promoting_antibiotics_GPA_in_animal_production.
19. Orchardand A., Sandyvan V. Commercial Essential Oils as Potential Antimicrobials to Treat Skin Diseases // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2017. P. 20-92. Doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4517971>.
20. Pharmacokinetic and antimicrobial activity of a new carvacrol- based product against a human pathogen, Campilobacter jejuni / M. Allaoua, P. Etienne, V. Noirot [et al.] // Journal of Applied Microbiology. 2017. P 1162-1171. Doi: 10.1111/jam.13915.
21. Summer Savory (Satureja hortensis L.) Extract as Natural Feed Additive in Broilers: Effects on Growth, Plasma Constituents, Immune Response, and Ileal Microflora / S. Movahhedkhah, D. Rasouli, A. Seidavi [et al.] // Animals. 2019. N.9. P. 87-93. doi:10.3390/ani9030087.
22. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (Gallus gallus) / M. Rajman, M. Juráni, D. Lamošová [et al.] // Comp. Biochem. Physiol. A. 2006. N. 145. P. 363-371. Doi: 10.1016/j.cbpa.2006.07.004.
23. The impact of a specific blend of essential oil components and sodium butyrate in feed on growth performance and Salmonella counts in experimentally challenged broilers / A. Cerisuelo, C. Marín, F. Sánchez-Vizcaino [et al.] // Poultry Science. 2014. N.93. P. 599-606. Doi: <http://dx.doi.org/10.3382 P-599-606>.

Authors Information

Ostapchuk S. Pavel, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the department of field crop, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150 Kievskaya Str., Simferopol, 295493, Russian Federation. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5156-9705> E-mail: ostapchuk_p@niishk.ru

Kuevda A. Tatyana, Junior Researcher, department of field crop, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150 Kievskaya Str., Simferopol, 295493, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605> e-mail: green28t@yandex.ru.

Emelyanov A. Sergey, Candidate of Biological Sciences, researcher of the department of field crop, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150 Kievskaya Str., Simferopol, 295493, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5429-8442> E-mail: emelyanow.rus@yandex.ru

Kashirina A. Natalya, Junior Researcher, Laboratory for Breeding of the Department of Essential and Medicinal Crops, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150 Kievskaya Str., Simferopol, 295493, Russian Federation. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8536-5484>. E-mail: kashirina_n@niishk.ru

Ermolaeva V. Marina, Junior Researcher, Laboratory of Selection, Department of Essential and Medicinal Crops, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150 Kievskaya Str., Simferopol, 295493, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3607-5931>. E-mail: shell0709@mail.ru

Zyablitskaya Yu. Eugenia, MD, Leading Researcher, Head of the Central Research Laboratory, Medical Academy named after S. I. Georgievsky (structural division) of the "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Lenin Boulevard, 5/7, Simferopol, 295051, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1339-9773>. E-mail: evgu79@mail.ru

Makalish P. Tatyana, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, Medical Academy named after S. I. Georgievsky (structural division) of the "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Lenin Boulevard, 5/7, Simferopol, 295051, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1884-2620>. E-mail: Makalisht@mail.ru

Ostapova S. Veronika, 4th course of study, 2nd medical faculty of General Medicine, Group L2-s-o-161V, Medical Academy named after S. I. Georgievsky (structural division) of the "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Lenin Boulevard, 5/7, Simferopol, 295051, Russian Federation.
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4114-0918>. E-mail: veronikaostapova99@mail.ru

Информация об авторах

Остапчук Павел Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5156-9705>. E-mail: ostapchuk_p@niishk.ru

Кувда Татьяна Алексеевна, младший научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>.
E-mail: green28t@yandex.ru.

Емельянов Сергей Анатольевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5429-8442>. E-mail: emelyanow.rus@yandex.ru

Каширина Наталья Александровна, младший научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8536-5484>. E-mail: natalia.kashirina.96@mail.ru

Ермолаева Марина Вячеславовна, младший научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3607-5931>. E-mail: shell0709@mail.ru

Зяблицкая Евгения Юрьевна, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующая Центральной научно-исследовательской лабораторией, Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (Россия, 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1339-9773>. E-mail: evgu79@mail.ru

Макалиш Татьяна Павловна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (Россия, 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1884-2620>. E-mail: Makalisht@mail.ru

Остапова Вероника Сергеевна, 4 курс, 2 медицинский факультет, Лечебное дело, Группа Л2-с-о-161В, Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (Россия, 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7).. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4114-0918>.
E-mail: veronikaostapova99@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-26

ESTIMATION OF THE MEETING OF THE HCD GENETIC DEFECT IN THE HOLSTEIN CATTLE BREEDS OF THE NORTH-WEST REGION

M. V. Pozovnikova, O. V. Mitrofanova, N. V. Dementieva

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding –

Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia

Received 10.01.2020

Submitted 18.05.2020

*The work was performed in the framework of the State Assignment, project number
AAAA-A18-118021590138-1*

Summary

The article presents the results of Holstein cattle population screening for the carriage of a genetic defect in cholesterol deficiency of Holstein cattle (HCD).

Abstract

Introduction. Monitoring for genetic defects in cattle is an important part of preventive veterinary medicine. The accumulation of a load of genetic mutations and the progressive increase in homozygosity cause a decrease in herd fertility due to an increase in the number of abortions and stillborn fetuses, as well as the birth of sick calves. HCD fertility haplotype (Haplotype Cholesterol Deficiency) is a recessive genetic defect in Holstein cattle. Homozygous calves develop cachexia, idiopathic diarrhea and dehydration within a short time after birth (from a few days to several weeks). This genetic defect is sublethal. The cause of HCD is a 1233 bp insertion in the fifth exon of the APOB gene (apolipoprotein B). As a result of mutation, there is a violation of the protein synthesis of APO [12]. The aim of our work was to assess the occurrence of the HCD mutation in herds of Holstein cattle in the North-Western region of Russia. An object. The object of the study was DNA samples obtained from the blood leukocytes of cattle. **Materials and methods.** The work was carried out in the period 2017-2019. A total of 2010 heads of cows and heifers belonging to ten different breeding farms using Holstein or black-motley cattle with a high proportion of blood (95% >) in Holstein breed were examined. Animal samples were random. Animal genotyping was carried out by polymerase chain reaction with allele-specific primers (AS-PCR). If there is an insertion in the APO gene, a 436 bp fragment is amplified. The wild type is characterized by amplification of a fragment of 249 bp in size. [9]. Electrophoresis was performed on a 1.5% agarose gel with the addition of ethidium bromide and photographed under UV light. **Results and conclusions.** The percentage of heterozygous HCD carriers in the herds analyzed ranged from 2.89 to 13.33%, and the average percentage throughout the sample was 7.31%. To improve herds in farms, as a rule, bulls with high breeding value are used. Actively used bulls are often carriers of genetic anomalies, which contributes to the accumulation of a load of genetic defects in populations [2]. By early 2019, the HCD genetic defect had the highest prevalence rate in Holstein breed compared to other fertility haplotypes. Its share was 14.3%, and the occurrence of other haplotypes ranged from 0.00 - 5.8% [16]. Since the sperm of imported bulls is high in the artificial insemination system in Russia, domestic breeders must know and take into account the status of the bull by HCD when selecting parental pairs. At the same time, the role of genomic testing of cows and heifers is growing, since this is the only way to separate HCD animal carriers and individuals free from this genetic defect [16]. The proposed integrated approach to the identification of the HCD haplotype in animals of both sexes will eliminate the likelihood of the appearance of homozygous descendants and avoid economic losses in animal husbandry. It is recommended to conduct a regular analysis of the frequency of occurrence of the HCD fertility haplotype not only in bulls, but also in cows, which will avoid the appearance of homozygous descendants and possible economic losses.

Key words: *Holstein breed, fertility haplotype, cholesterol deficiency, HCD.*

Citation. Pozovnikova M. V., Mitrofanova O. V., Dementieva N. V. Estimation of the occurrence of a HCD genetic defect in herds of Holstein cattle in the Northwest region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 265-271 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-26.

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 636.234.1:575.174.015.3

ОЦЕНКА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ДЕФЕКТА HCD В СТАДАХ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

М. В. Позовникова, кандидат биологических наук

О. В. Митрофанова, кандидат биологических наук

Н. В. Дементьева, кандидат биологических наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения
сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства —
ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», г. Санкт-Петербург, Россия*

Дата поступления в редакцию 10.01.2020

Дата принятия к печати 18.05.2020

**Работа выполнена в соответствии с темой Министерства образования
Российской Федерации, номер госрегистрации – АААА-А18-118021590138-1**

Актуальность. Мониторинг на наличие генетических дефектов у крупного рогатого скота является важной частью профилактической ветеринарии. Накопление груза генетических мутаций и поступательный рост гомозиготности являются причиной снижения фертильности стад из-за повышения количества абортосов и мертворожденных плодов, а также рождения больных телят. Гаплотип фертильности HCD (Haplotype Cholesterol Deficiency) – рецессивный генетический дефект голштинского скота. У гомозиготных телят в течение короткого времени после рождения (от нескольких дней до нескольких недель) развивается кахексия, идиопатическая диарея и обезвоживание. Данный генетический дефект является сублетальным. Причиной HCD является инсерция размером 1233 bp в пятом экзоне гена *АРОВ* (аполипопротеина В). В результате мутации происходит нарушение синтеза белка АРОВ [7]. **Целью** нашей работы была оценка встречаемости мутации HCD в стадах голштинского скота Северо-Западного региона России. **Объект.** Объектом исследования были образцы ДНК, полученные из лейкоцитов крови крупного рогатого скота. **Материалы и методы.** Работа проводилась в период 2017-2019 гг. Всего было исследовано 2010 голов коров и тёлочек, принадлежащих десяти различным племенным хозяйствам, использующим голштинский или черно-пестрый скот с высокой долей кровности (95 % >) по голштинской породе. Выборки животных являлись случайными. Генотипирование животных проводили методом полимеразной цепной реакции с аллель специфичными праймерами (АС-ПЦР). При наличии инсерции в гене *АРОВ* амплифицируется фрагмент размером 436 п.н. Для дикого типа характерна амплификация фрагмента размером 249 п.н. [10]. Электрофорез проводили в 1,5 % агарозном геле с добавлением бромистого этидия и фотографировали при УФ-свете. **Результаты и выводы.** Процент животных-гетерозиготных носителей HCD в анализируемых стадах варьировал в пределах 2,89-13,33 %, а средний процент по всей выборке составил 7,31 %. Для совершенствования стад в хозяйствах, как правило, используют быков с высокой племенной ценностью. Активно используемые быки зачастую являются носителями генетических аномалий, что способствует накоплению груза генетических дефектов в популяциях [5]. К началу 2019 года генетический дефект HCD имел самый высокий процент встречаемости в голштинской породе в сравнении с другими гаплотипами фертильности. Его доля составила 14,3 %, а встречаемость других гаплотипов колебалась в пределах 0,00 – 5,8 % [16]. Так как в системе искусственного осеменения России высока доля спермы импортных быков, отечественные селекционеры при подборе родительских пар должны знать и учитывать статус

быка по HCD. При этом возрастает роль геномного тестирования коров и телок, поскольку это единственный способ отделить животных-носителей HCD и свободных от данного генетического дефекта особей [16]. Предлагаемый комплексный подход к выявлению гаплотипа HCD у животных обоего пола позволит исключить вероятность появления гомозиготных потомков и избежать экономических потерь в животноводстве. Рекомендуется проводить регулярный анализ частоты встречаемости гаплотипа фертильности HCD не только у быков, но и у коров, что позволит избежать появления гомозиготных потомков и возможных экономических потерь.

Ключевые слова: голштинская порода скота, гаплотип фертильности, дефицит холестерина, гаплотип HCD, генетические дефекты скота.

Цитирование. Позовникова М. В., Митрофанова О. В., Дементьева Н. В. Оценка встречаемости генетического дефекта HCD в стадах голштинского скота Северо-Западного региона. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 265-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-26.

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. В последние годы геномные исследования приобрели важное значение в селекции крупного рогатого скота. Они позволяют выявлять ключевые гены, ассоциированные не только с хозяйственно-ценными признаками [3], но и с генетическими дефектами животных [1, 8].

Доступные в последние годы методы полного секвенирования генома и использования чипов высокой плотности позволили идентифицировать регионы, ассоциированные с фертильностью коров. Наличие мутаций в этих участках ДНК могут быть причиной гибели плода на различных стадиях стельности и в постнатальный период. Данные локусы получили название гаплотипов фертильности и регистрируются во многих породах молочного скота [8].

Гаплотип дефицит холестерина HCD (Haplotype Cholesterol Deficiency) – генетический дефект голштинского скота. В гомозиготном состоянии вызывает развитие у новорождённых телят ряда симптомов, несовместимых с жизнью: идиопатическая диарея, обезвоживание, кахексия и гипохолестеринемия. Впервые этот дефект был зарегистрирован в 2015 году в Германии. Анализ родословных определил основателя гаплотипа HCD - быка Maughlin Storm 1991 года рождения [11]. Методом полногеномного секвенирования определили, что причиной данной мутации является indel-полиморфизм размером 1233 bp в пятом экзоне гена *АРОВ* (аполипопротеина В). В результате мутации происходит нарушение синтеза белка АРОВ [7]. В организме млекопитающих различают несколько разновидностей аполипопротеинов, которые являются взаимозаменяемыми, кроме аполипопротеина В. Белок АРОВ входит в состав липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) с момента их образования в печени или кишечнике и до момента поглощения клетками. ЛПНП, в свою очередь, являются основными переносчиками холестерина в крови млекопитающих [12].

Поэтому скрининг генетического дефекта HCD в отечественной популяции голштинского скота является важной частью профилактической ветеринарии.

Целью нашей работы было провести оценку встречаемости гаплотипа фертильности HCD в стадах голштинского скота Северо-Западного региона России.

Материалы и методы. Работа проводилась в период 2017-2019 гг. Всего исследовано 2010 голов коров и телок, принадлежащих десяти различным племенным хозяйствам, использующим голштинский или черно-пестрый скот с высокой долей кровности (95 % >) по голштинской породе. Территориально хозяйства расположены в Северо-Западном регионе РФ. Выборки животных являлись случайными.

Забор образцов венозной крови проводили из хвостовой вены в пробирки КЗЭДТА. ДНК выделяли фенольным методом с использованием протеиназы К. Выявление гаплотипов НСД проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции с аллельспецифическими праймерами (АС-ПЦР). Реакцию АС-ПЦР осуществляли на амплификаторе Thermal Cycler C1000 (Bio-Rad, США) в режиме: денатурация $\times 1$: $94^{\circ}\text{C} - 4$ мин, $\times 35$: $94^{\circ}\text{C} - 1$ мин, $62^{\circ}\text{C} - 30$ сек, $72^{\circ}\text{C} - 1$ мин, $\times 1$: $72^{\circ}\text{C} - 4$ мин. Для определения indel-полиморфизма в гене *APOB* использовали следующие праймеры: F15'GGTGACCATCCTCTCTCTGC3'; F2 5'CACSTTCCGCTATTTCGAGAG3' и общий праймер - R5'AGTGGAACCCAGCTCCATTA3' [10]. При наличии инсерции в гене *APOB* амплифицируется фрагмент размером 436 п.н. Для дикого типа характерна амплификация фрагмента размером 249 п.н. Электрофорез проводили в 1,5 % агарозном геле с добавлением бромистого этидия и фотографировали при УФ-свете.

Цифровая обработка полученных данных проводилась в программе Microsoft Excel. Частота встречаемости (%) животных, носителей гаплотипа НСД, определялась как соотношение числа носителей к общему числу протестированных в хозяйстве животных, умноженное на 100.

Результаты и обсуждение. По данным гель-электрофореза оценивали генотип животных (рисунок 1). Так как гомозиготные носители гаплотипа НСД не встречаются среди половозрелых животных, оценивалась только встречаемость животных-гетерозиготных носителей мутантного аллеля гена *APOB*.

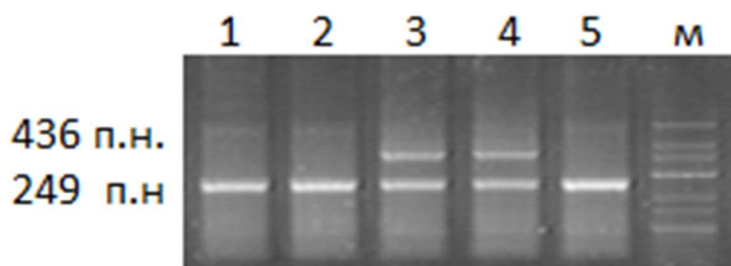


Рисунок 1 – Гель-электрофорез продуктов амплификации гена *APOB* на наличие indel-полиморфизма

Дорожки 1, 2, 5 – животные, свободные от НСД; дорожки 3,4 – животные - гетерозиготные носители НСД. М – маркер молекулярных весов (700, 500, 400, 300, 200, 150, 100)

Figure 1 – Gel electrophoresis of amplification products of the *APO* gene for the presence of indel polymorphism.

Lanes 1, 2, 5 — HCD-free animals; lanes 3,4 - animals - heterozygous carriers of HCD. M - molecular weight marker (700, 500, 400, 300, 200, 150, 100).

На рисунке 2 видно, что процент животных-гетерозиготных носителей НСД в анализируемых стадах варьировал в пределах 2,89-13,33 %, а средний процент по всей выборке составил 7,31 %. Для совершенствования стад в хозяйствах, как правило, используют быков с высокой племенной ценностью. Активно используемые быки зачастую являются носителями генетических аномалий, что способствует накоплению груза генетических дефектов в популяциях [5].

На сегодняшний день за рубежом тестирование быков голштинской породы на предмет носительства гаплотипа НСД является обязательным [9]. Данные зарубежных исследователей, изучавших распространение этого дефекта в популяциях голштинского скота, представлены в таблице, из которой видно, что в некоторых странах процент гаплотипа НСД может достигать до 17 %.

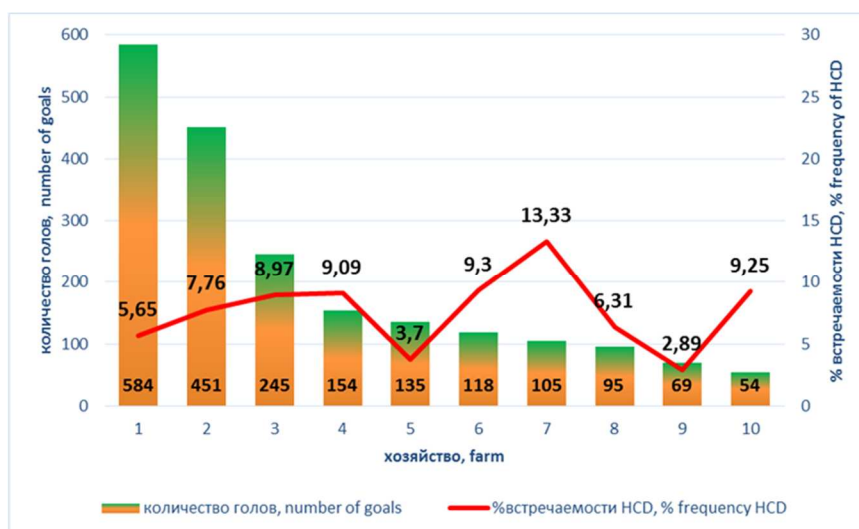


Рисунок 2 – Встречаемость гаплотипа фертильности HCD в стадах голштинского скота

Figure 2 – Frequency of HCD fertility haplotype in herds of Holstein cattle

Таблица – Встречаемость носителей HCD у голштинского скота в различных странах мира

Table – Frequency of HCD carriers in Holstein cattle around the world

Страна / The country	Телки/быки / Heifer / bull	n	% встречаемости HCD / % HCD frequency	Источник / Reference
Канада / Canada	Телки 2012 г.р	-	17	[15]
	Heifer 2012 year of birth	-		
	Телки 2016 г.р	-	12	
США / USA	Heifer 2012 year of birth			[17]
	Быки/телки / Heifer / bull	826948	6	
Германия / Germany	Быки / Bull	264	17,4	[12]
	Быки / Bull	46	6,7	[14]
Китай / China	Быки / Bull	138	5,07	[11]

К началу 2019 года генетический дефект HCD имел самый высокий процент встречаемости в голштинской породе в сравнении с другими гаплотипами фертильности. Его доля составила 14,3 %, а встречаемость других гаплотипов колебалась в пределах 0,00 – 5,8 % [16].

По данным российских исследователей, в 2016 году 10,3 % быков голштинской породы, используемых для разведения в России, были потомками быков-носителей HCD. Тестирование 41-го быка, отцы которых были носителями HCD, показало, что 16 животных (39 %) также несли в своем генотипе мутантный аллель [2]. Исследования 2018 года показали, что среди коров в одном из племенных хозяйств Ленинградской области встречаемость HCD, – составила 7,03 % [6], а среди молодых телок, в родословной которых имелись отцы или отцы матерей носители HCD – 26,7 % [4].

Так как в системе искусственного осеменения России высока доля спермы импортных быков, отечественные селекционеры при подборе родительских пар должны знать и учитывать статус быка по HCD. При этом возрастает роль геномного тестирования коров и телок, поскольку это единственный способ отделить животных-носителей HCD и свободных от данного генетического дефекта особей [16]. Предлагаемый комплексный подход к выявлению гаплотипа HCD у животных обоего пола позволит исключить вероятность появления гомозиготных потомков и избежать экономических потерь в животноводстве.

В связи с широким распространением гаплотипа дефицита холестерина у голштинского скота в разных регионах мира, необходимо уделять серьезное внимание мониторингу встречаемости этого дефекта в хозяйствах России. Высокий общий уровень гомозиготности отечественных популяций крупного рогатого скота голштинской породы может способствовать появлению потомков-носителей нежелательного дефекта HCD. Такой мониторинг поможет обеспечить генетическую безопасность племенного материала у крупного рогатого скота.

Выводы. Таким образом, наблюдаемая в ходе проведенного мониторинга встречаемость гаплотипа фертильности HCD в 10 хозяйствах Северо-Западного региона у коров и телок голштинской породы колебалась в пределах 2,89-13,33 %. Средний процент по всей выборке (n=2010) составил 7,31 %. Рекомендуется проводить регулярный анализ частоты встречаемости гаплотипа фертильности HCD не только у быков, но и у коров, что позволит избежать появления гомозиготных потомков и возможных экономических потерь.

Библиографический список

1. Встречаемость и значение мутации SVM у племенных животных Ленинградской области / Н. В. Дементьева, О. В. Митрофанова, В. И. Тыщенко, Е. В. Никиткина, В. П. Терлецкий, А. Ф. Яковлев // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 6. С. 7-9.
2. Дефицит холестерина – новый рецессивный дефект голштинского скота / Н. А. Зиновьева, О. В. Костюнина, В. В. Волкова, А. Н. Ермилов, И. Н. Янчуков // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 2. С. 5-8.
3. Ларкин Д. М., Юдин Н. С. Значимость геномных исследований для понимания истории формирования домашних животных // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2016. № 4. С. 123-128.
4. Лихачева Т. Е., Позовникова М. В. Влияние гаплотипа "дефицит холестерина"(HCD) на интенсивность прироста живой массы тёлоч голштинской породы // Известия ОГАУ. 2019. №1 (75). С. 166-168.
5. Моногенные наследственные дефекты и их роль в воспроизводстве / Н. А. Зиновьева, Н. И. Стрекозов, Г. В. Ескин, И. С. Турбина, И. Н. Янчуков, А. Н. Ермилов // Животноводство России. 2015. № 6. С. 30.
6. Мутация HCD у российских голштинизированных черно-пестрых коров не влияет на молочную продуктивность и содержание холестерина и триглицеридов в крови / М. В. Позовникова, Т. Е. Лихачева, А. А. Кудинов, В. Б. Лейбова, Н. В. Дементьева // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 6. С. 1142-1151.
7. A transposable element insertion in APOB causes cholesterol deficiency in Holstein cattle / F. Menzi, N. Besuchet-Schmutz [et al.] // Animal genetics. 2016. Vol. 47. No 2. P. 253-257.
8. Cole J. B., Null D. J., Van Raden P. M. Phenotypic and genetic effects of recessive haplotypes on yield, longevity, and fertility // Journal of dairy science. 2016. Vol. 99. №. 9. P. 7274-7288.
9. <https://www.cdn.ca/home.php>
10. Kamiński S., Ruś A. Cholesterol Deficiency–new genetic defect transmitted to Polish Holstein-Friesian cattle // Polish journal of veterinary sciences. 2016. Vol. 19. No. 4. P. 885-887.
11. New Holstein Haplotype Affecting Calf Survival / S. Kipp, D. Segelke [et al.] // Interbull Bulletin. 2015. No 49. P. 49-53.
12. Olofsson S. O., Borén J. Apolipoprotein B secretory regulation by degradation // Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology. 2012. Vol. 32. No 6. P. 1334-1338.
13. The cholesterol-deficiency associated mutation in APOB segregates at low frequency in Chinese Holstein cattle / Y. Li, L. Fang, L. Liu, S. Zhang, Z. Ma, D. Sun // Canadian Journal of Animal Science. 2018. Vol. 99. No 2. P. 332-335.
14. The Holstein Friesian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of APOB / E. Schütz, C. Wehrhahn, M. Wanjek [et al.] // PloS one. 2016. Vol. 11. No 4. P. 1-15.

15. Van Doormaal B., Beavers L. HCD: Haplotype associated with Cholesterol Deficiency // Canadian Dairy Network (CDN). 2015. URL: <https://www.cdn.ca/images/uploaded/file/HCD%20Update%20Article%20-%20December%202015.pdf> (дата обращения 28.01.2020).

16. Van Doormaal B., Beavers L. Current Status on Haplotypes and Genetic Recessives. 2019. Режим доступа: <https://www.cdn.ca/images/uploaded/file/Haplotypes%20%26%20Recessives%20Update%20Article%20-%20March%202019.pdf>. Дата обращения: 26.01.2019.

17. Van Raden P., Null D. Holstein Haplotype for Cholesterol Deficiency, HCD // USD-AAGIL. 2015. URL: [https://www.cdcb.us/reference/changes/HCD inh eritan se.p df](https://www.cdcb.us/reference/changes/HCD%20inh%20eritan%20se.p%20df) (дата обращения 28.01.2020.).

Conclusion Thus, the occurrence of the HCD fertility haplotype observed in the course of the monitoring in 10 farms of the Northwest region in cows and heifers of Holstein breed ranged from 2.89 to 13.33%. The average percentage for the entire sample (n = 2010) was 7.31%. It is recommended to conduct a regular analysis of the frequency of occurrence of the HCD fertility haplotype not only in bulls, but also in cows, which will avoid the appearance of homozygous progeny and possible economic losses.

Authors Information

Pozovnikova Marina Vladimirovna - Ph.D. in Biology, senior researcher at the molecular genetics laboratory. E-mail: pozovnikova@gmail.com. Tel.: 8-960-231-03-21. 196601, Russia, St. Petersburg, Tyarlyovo settlement, Moscow highway, 55a; Corresponding author.

Olga Viktorovna Mitrofanova - Ph.D. in Biology. E-mail: mo1969@mail.ru Phone: 8-953-348-33-21. 196601, Russia, St. Petersburg, Tyarlyovo settlement, Moscow highway, 55a;

Natalya Viktorovna Dementieva - Ph.D. in Biology, leading researcher at the Laboratory of Molecular Genetics. E-mail: dementevan@mail.ru. Tel.: 8-921-743-0743. 196601, Russia, St. Petersburg, Tyarlyovo settlement, Moscow highway, 55a;

Информация об авторах

Позовникова Марина Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики. E-mail: pozovnikova@gmail.com. Тел.: 8-960-231-03-21. 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а; Автор, ответственный за переписку.

Митрофанова Ольга Викторовна - кандидат биологических наук. E-mail: mo1969@mail.ru Тел.: 8-953-348-33-21. 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а;

Дементьева Наталья Викторовна - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики. E-mail: dementevan@mail.ru. Тел.: 8-921-743-0743. 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-27

MORPHOBIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF HEART TISSUE AND THE LIVER OF YOUNG EGG HENS UNDER MONOCHROMATIC AND WHITE LIGHTING

I. V. Siyanova

Federal State Budget Scientific Institution

«Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute», Blagoveshchensk, Russia

Received 30.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article presents the results of the use of monochromatic and white lighting in the cultivation of repair young egg hens. The results of the research have shown that the color of lighting affects the functional state of the internal organs of chickens. In white and yellow light, inflammatory changes in the heart and liver tissue were less pronounced than in green and blue (white-blue). White and yellow lighting can be used as a general prevention of diseases of chickens during the growing period.

Abstract

Introduction. In the conditions of poultry farms, repair young chickens are constantly exposed to various stress factors related to the technology of poultry growing, the characteristics of the natural economic zone, etc. This contributes to the violation of the functional state of organs and systems of chickens. As a general prevention of diseases of young animals, it is possible to use monochromatic (yellow, green, blue) or white lighting in the poultry house. **Object.** The object of the study was the repair young egg hens of the crosses Hisex White and DeKalb White. **Materials and methods.** The study was conducted at the Belogorskaya poultry farm in the Amur region in the period from 2015 to 2019. In each of the five experiments, four groups of day-old chicks were formed. The control group was placed under white compact fluorescent lamps (4500-5500 K), experimental groups: 1 under yellow (2800-3000 K), 2 under green (530-550 Nm), 3 under blue or white-blue lamps (6500-8000 K). Made morphological and biochemical analysis of the blood of chickens aged 30, 60 and 90 days, anatomical and histological study of the heart and liver of young animals aged 3, 4, 8 and 15-16 weeks. Generally accepted research methods were used. **Results and conclusions.** In the blood of chickens in white and yellow light, in comparison with green and blue (blue-white), the content of hemoglobin and red blood cells is higher by 14.2-15.5% ($p<0.05$), less pronounced signs of leukocytosis, more albumins by 9.3-22.2% ($p<0.001$), gamma globulins are less by 11.7-27.9% ($p<0.05$), bilirubin by 10.7-63.9% ($p<0.05$), triglycerides by 13.5-40.3% ($p<0.001$), total cholesterol by 13.4-55.7% ($p<0.001$), aspartate aminotransferase activity by 10.6-44.4% ($p<0.001$) and alanine aminotransferase by 24.6-50.7% ($p<0.001$), regardless of the season. Under different color lighting in 8-week-old chickens, an increase in heart mass to 3.7-4.5 g, liver mass to 26.9-30.2 g. On the epicardium, sometimes there are small areas of venous-capillary stagnation, as in the liver, the liver color is light brown. There are signs of interstitial myocarditis in heart micro-preparations of 15-16-week-old chickens. In white and yellow light, pathological changes are less pronounced, more uniform blood filling of the myocardium, less by 9.9-29.0% ($p<0.05$) of foci of leukocyte infiltrate in the epicardium and adjacent myocardium than in green and blue light. In young chickens with different lighting, the presence of weakly expressed cardiomyocyte hypertrophy. However, under white illumination the area of the nucleus is defined as 7.88 ± 0.28 micrometers, yellow as 7.23 ± 0.32 micrometers, while under green it is increased to 8.55 ± 0.55 micrometers and blue to 9.26 ± 1.41 micrometers, the cross-section area of the cell under white and yellow illumination is 15.62 ± 0.41 - 16.95 ± 1.08 micrometers, under green and blue 17.88 ± 1.14 - 18.72 ± 1.25 micrometers. In sections of the liver of 15-16 week old chickens with white and yellow light, blood filling of sinusoid capillaries, fullness of the central and portal veins is less pronounced. Less common are foci of violation of the radial structure of the liver lobes. Under different lighting conditions, hepatocytes are in a state of weakly expressed protein-granular and hydropic dystrophy. In white light, the area of the core of hepatocytes was determined to be 14.32 ± 0.49 micrometers, the volume of the core $38,72\pm2,09$ micrometers, the area of cells 59.50 ± 2.86 micrometers, while in blue light these indicators increased to 16.14 ± 0.37 micrometers ($P<0.05$), 46.73 ± 1.66 micrometers ($P<0.05$) and 69.82 ± 3.62 micrometers ($P<0.05$), respectively, the thickness of the central and peripheral liver trabeculae increased (also in green light). With blue light in sections of the liver, most portal fields are expanded, leukocyte infiltration is pronounced, and the integrity of the border hepatic plate is often violated. There are 4-6 times more lymphoid follicles in the center of the lobes, and 36.2-55.7% more in the intermediate zone than in white light. According to research results, white and yellow lighting can be used as a general prevention of diseases of chickens during the growing period.

Key words: monochromatic lighting, egg chickens, histology, inflammatory diseases of the heart and liver.

Citation. Siyanova I. V. Morphobiochemical parameters of blood and morphometric parameters of heart and liver tissue of young egg hens under monochromatic and white illumination. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 271-280 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-27.

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

УДК 619:616.1/9.02:636.5.034

МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТКАНИ СЕРДЦА И ПЕЧЕНИ МОЛОДНЯКА ЯИЧНЫХ КУР ПРИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОМ И БЕЛОМ ОСВЕЩЕНИИ**И. В. Сиянова**, кандидат биологических наук*ФГБНУ Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,
г. Благовещенск*

Дата поступления в редакцию 30.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. В условиях птицефабрик ремонтный молодняк подвергается постоянному воздействию различных стресс-факторов, связанных с технологией выращивания птицы, особенностями природно-хозяйственной зоны и пр. Это способствует нарушению функционального состояния органов и систем цыплят. В качестве общей профилактики заболеваний молодняка возможно применение монохроматического (желтого, зеленого, голубого) или белого освещения в птичнике. **Объект.** Объектом исследований являлся ремонтный молодняк яичных кур кроссов Хайсекс Уайт, Декалб Уайт. **Материалы и методы.** Исследование проведено на птицефабрике Белогорская Амурской области в период с 2015 по 2019 гг. В каждом из пяти опытов формировали по четыре группы суточных цыплят. Контрольную группу размещали под белыми компактными люминесцентными лампами (4500-5500 К), опытные группы: 1-ю – под желтыми (2800-3000 К), 2-ю – под зелеными (530-550 нм), 3-ю – под голубыми или бело-голубыми лампами (6500-8000 К). Выполнен морфологический и биохимический анализ крови цыплят в возрасте 30, 60 и 90 дней, анатомическое и гистологическое исследование сердца и печени молодняка в возрасте 3, 4, 8 и 15-16 недель. Использованы общепринятые методы исследований. **Результаты и выводы.** В крови цыплят при белом и желтом освещении, в сравнении с зеленым и голубым (бело-голубым), выше содержание гемоглобина и эритроцитов на 14,2-15,5 % ($p<0,05$), меньше выражены признаки лейкоцитоза, больше альбуминов – на 9,3-22,2 % ($p<0,001$), гамма-глобулинов меньше на 11,7-27,9 % ($p<0,05$), билирубина – на 10,7-63,9 % ($p<0,05$), триглицеридов – на 13,5-40,3 % ($p<0,001$), общего холестерина – на 13,4-55,7 % ($p<0,001$), активность аспартатаминотрансферазы – на 10,6-44,4 % ($p<0,001$) и аланинаминотрансферазы – на 24,6-50,7 % ($p<0,001$) вне зависимости от сезона года. Под разным по цвету освещением у 8-недельных цыплят определено увеличение массы сердца до 3,7-4,5 г, массы печени до 26,9-30,2 г. На эпикарде иногда наличие небольших участков венозно-капиллярного полнокровия, как и в печени, цвет печени светло-коричневый. В микропрепаратах сердца 15-16-недельных курочек признаки интерстициального миокардита. При белом и желтом освещении патологические изменения менее выражены, более равномерное кровенаполнение миокарда, меньше на 9,9-29,0 % ($p<0,05$) очагов лейкоцитарного инфильтрата в эпикарде и прилежащем миокарде, чем при зеленом и голубом освещении. У молодняка при разном освещении наличие слабо выраженной гипертрофии кардиомиоцитов. Однако при белом освещении площадь ядра кардиомиоцитов определена $7,88\pm 0,28$ мкм, желтом $7,23\pm 0,32$ мкм, тогда как под зеленым увеличена до $8,55\pm 0,55$ мкм и голубым до $9,26\pm 1,41$ мкм, площадь поперечного среза клетки под белым и желтым освещением – $15,62\pm 0,41$ - $16,95\pm 1,08$ мкм, под зеленым и голубым – $17,88\pm 1,14$ - $18,72\pm 1,25$ мкм. В срезах печени 15-16 недельного молодняка при белом и желтом освещении менее выражено кровенаполнение синусоидных капилляров, полнокровие центральных и порталных вен. Реже встречаются очаги нарушения балочно-радиального строения печеночных долек. У птицы при разном освещении гепатоциты в состоянии слабовыраженной белково-зернистой и гидропической дистрофии. Под белым освещением площадь ядра гепатоцитов определена $14,32\pm 0,49$ мкм, объем ядра $38,72\pm 2,09$ мкм, площадь клетки – $59,50\pm 2,86$ мкм, тогда как при голубом данные показатели возросли до $16,14\pm 0,37$ мкм ($p<0,05$), $46,73\pm 1,66$ мкм ($p<0,05$) и $69,82\pm 3,62$ мкм ($p<0,05$), соответственно, и увеличилась толщина центральных и периферических печеночных балок (также и при зеленом освещении). При голубом освещении в срезах печени большинство порталных полей расширено, резко выражена лейкоцитарная инфильтрация, целостность пограничной гепатоцитарной пластинки чаще нарушена. Лимфоид-

ных фолликулов в центре долек больше в 4-6 раз, в промежуточной зоне на 36,2-55,7 %, чем при белом освещении. По результатам исследований белое и желтое освещение может быть использовано в качестве общей профилактики заболеваний цыплят в период выращивания.

Ключевые слова: монохроматическое освещение, яичные цыплята, болезни молодняка кур, болезни сердца кур, болезни печени кур.

Цитирование. Сиянова И. В. Морфобиохимические показатели крови и морфометрические параметры ткани сердца и печени молодняка яичных кур при монохроматическом и белом освещении. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 271-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-27.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В производственных условиях выращивания яичные цыплята постоянно подвергаются воздействию различных стресс-факторов, среди которых ограничение двигательной активности в условиях клеточного содержания, профилактическая вакцинация, большая концентрация поголовья птицы на одной территории, микробная обсемененность птичников и т.д. Действие данных стресс-факторов при нарушении зооигиенических норм содержания и кормления цыплят (увеличение плотности посадки, несбалансированное, некачественное кормление, отклонение показателей микроклимата от нормативных и пр.), несоблюдении санитарных и ветеринарных требований приводит к нарушению функционального состояния органов и систем птицы [3, 6, 8, 12]. Большое значение имеет проведение профилактических мероприятий по предупреждению развития незаразных заболеваний яичного молодняка, который включает комплекс мер общей профилактики [1, 2, 5, 7].

Основанием для проведения исследований послужили многочисленные данные, свидетельствующие о положительном влиянии цветного освещения на развитие и функциональное состояние внутренних органов с/х птицы [4, 9, 10, 11]. Полученные в нашем исследовании результаты применения монохроматического и белого освещения в птичнике при выращивании яичного ремонтного молодняка будут способствовать разработке теоретического и практического обоснования использования ламп определенного спектрального состава в комплексе общих оздоровительных мер, предупреждающих возникновение заболеваний птицы.

Цель исследования состояла в выявлении действия спектрального состава компактных люминесцентных ламп на морфологические и биохимические показатели крови ремонтного молодняка в период выращивания, морфометрические показатели ткани сердца и печени в конце выращивания.

Материалы и методы. Исследование проводилось с 2015 по 2019 гг. на базе ОСП «Птицефабрика Белогорская» ООО «СПК «Амурптицепром» г. Белогорска и ФГБНУ ДальЗНИВИ г. Благовещенска Амурской области. Выполнено пять опытов с охватом четырех сезонов года. Объектом исследований являлся ремонтный молодняк яичных кроссов кур Хайсекс Уайт, Декалб Уайт. На птицефабрике период выращивания молодняка составляет 15-16 недель. Система содержания – клеточная. Световой день с момента посадки цыплят постепенно сокращают с 24:00 до 12:00 часов в сутки, уровень освещенности с 50-30 до 7-6 лк. Для освещения применяют компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) зеленого цвета (цветовая температура 530-550 нм, 600-780 лм).

В каждом из опытов мы формировали четыре группы суточных цыплят, по 200 голов каждая. Группы размещали в одной зоне цеха, на третьем ярусе батарей: контрольную – под белыми КЛЛ (цветовая температура 4500-5500 Кельвин), 1-ю – под желтыми (2800-3000 К), 2-ю – под зелеными (530-550 нм) и 3-ю – под голубыми или бело-голубыми лампами (6500-8000 К). Световой поток ламп выравнивали на одном уровне, в пределах 400-800 лм. Внутренние стенки клеток заделывали белым пластиком.

Кровь брали из сердца у 10 цыплят из каждой группы в возрасте 30, 60 и 90 дней. Использовали общепринятые методы лабораторной диагностики, результаты анализировали, руководствуясь нормами крови для яичных цыплят (И. П. Кондрахин, 2004, Садовников Н. В., 2009).

Для анатомического исследования забивали по 3-5 курочек из каждой группы в возрасте 15-16 недель. В последнем опыте дополнительно забито по 2-3 цыпленка из каждой группы в возрасте 3, 4 и 8 недель. Живая масса курочек при забое имела отклонение $\pm 10,0$ г, у цыплят была одинаковой. Применяли метод изолированного извлечения внутренних органов (Автандилов Г. Г., 1994 г), с их визуальной оценкой (Бессарабов Б. Ф., 2007). Массу печени и сердца (без эпикардального жира) определяли на весах Shinko Denshi CO. Всего забито 90 птиц.

На гистологическое исследование кусочки печени брали из бокового острого края правой доли органа, свободную стенку левого желудочка сердца отделяли и погружали в 10%-ный раствор формалина целиком. Кусочки проводили через спирты, заливали в парафин. С блока получали по 5 срезов для исследования печени, по 3 среза сердца, с охватом всех слоев органа. Толщина срезов 5-6 мкм. Использовали окрашивание гематоксилином и эозином. Для морфометрических измерений из каждой группы птицы произвольно отобрали по 4-6 микропрепаратов печени, сердца – по 5. В каждом микропрепарате методом случайного бесповоротного отбора измеряли по 200 гепатоцитов или кардиомиоцитов. Определяли короткий и длинный диаметры ядра и клетки (в сердце на поперечном срезе). Использовали световой микроскоп Carl Zeiss (ув. об. $\times 100$), окуляр-микрометр МОВ-1-15. Вычисляли: объем ядра и клетки гепатоцитов, объем ядра миокардиоцитов (V): $V_g = 0,523 \times D_1 \times D^2$ (мкм³), где D_1 и D – большой и малый диаметры ядра, соответственно; площадь ядра и клетки гепатоцитов, ядра и поперечного среза клетки миокардиоцитов (S): $S = \pi (a+b)^2 / 2$, где a и b – короткий и длинный радиусы, соответственно; ядерно-цитоплазматическое отношение гепатоцитов: $ЯЦО = S_{я}/S_{ц}$, где $S_{я}$ – площадь ядра клетки, $S_{ц}$ – площадь цитоплазмы, $ЯЦО = V_{я}/(V_{к}-V_{я})$, где $V_{я}$ и $V_{к}$ объем ядра и клетки, соответственно; ядерно-клеточное отношение гепатоцитов: $ЯКО = S_{я}/S_{к}$, $ЯКО = V_{я}/V_{к}$, где $S_{к}$ – площадь клетки; площадь цитоплазмы клетки: $S_{ц} = S_{к}-S_{я}$; объем цитоплазмы клетки: $V_{ц} = V_{к}-V_{я}$. В срезах сердца измерение миокардиоцитов производили вблизи эпикарда. Кроме того, в 10 полях зрения подсчитывали количество лейкоцитов, количество крупных очагов лейкоцитарного инфильтрата, определяли среднее значение (ув. об. $\times 40$). В срезах печени в 10 полях зрения визуализировали места расположения центральных вен и портальных зон. Измеряли диаметр сосудов (короткий и длинный), балок, синусоид каждой зоны (ув. об. $\times 40$) (Автандилов Г. Г., 1990).

Экспериментальные данные обработаны методами математической статистики при помощи программы Microsoft Excel (Мидлтон М. П., 2005). Вычисляли среднее арифметическое значение (M), ошибку среднего арифметического значения (m). Статистическую значимость различий средних величин оценивали с помощью t -критерия Стьюдента, достоверными считали результаты при $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Под белым и желтым освещением количество гемоглобина и эритроцитов больше на 14,2-15,5 % ($p < 0,05$), меньше признаки лейкоцитоза, чем под зеленым и голубым (бело-голубым). Биохимические показатели ближе к норме при белом освещении: содержание альбуминов больше на 9,3-22,2 % ($p < 0,001$), меньше гамма-глобулинов на 11,7-27,9 % ($p < 0,05$), билирубина на 10,7-63,9 % ($p < 0,05$), триглицеридов на 13,5-40,3 % ($p < 0,001$), общего холестерина на 13,4-55,7 % ($p < 0,001$), ниже уровень активности аминотрансфераз - аспарагиновой на 10,6-44,4 % ($p < 0,001$) и аланиновой на 24,6-50,7 % ($p < 0,001$) вне зависимости от сезона года.

Масса сердца у 3-, 4-недельных цыплят 0,9-1,3 г, в возрасте 8 недель у некоторых цыплят определено ее увеличение до 3,7-4,5 г. У курочек в возрасте 15-16 недель масса сердца 3,0-4,5 г, с различием между особями не более 0,50 г. У всей забитой птицы цвет сердца коричнево-красный, в эпикарде встречались участки венозно-капиллярного полнокровия. У курочек при монохроматическом освещении (особенно голубом) масса эпикардального жира больше на 13,0-78,1%, чем при белом.

Масса печени у 3-, 4-недельных цыплят 7,0-9,5 г, в возрасте 8 недель увеличена до 26,9-30,2 г. У курочек в возрасте 15-16 недель масса печени составляла 20,5-24,4 г, у 1% курочек около 26,0 г. Капсула печени не напряжена, поверхность гладкая, рисунок долек сохранен, цвет красно-коричневый, со светло-коричневыми участками. На поверхности разреза участки тусклого цвета, с переполненными кровью сосудами.

При гистологическом исследовании сердца 15-16-недельных курочек признаки интерстициального миокардита. Встречаются очаги венозного и капиллярного полнокровия, менее выраженный внутрисосудистый лейкоцитоз и отек межмышечной стромы. В эпикарде и прилежащем миокарде меньше очагово-диффузная лейкоцитарная инфильтрация. Слабо выраженная гипертрофия и белковая зернистая дистрофия некоторых кардиомиоцитов.

В срезах печени 15-16-недельных курочек признаки хронического гепатита. Кровенаполнение синусоидных капилляров от слабого до очагово-умеренного, встречалось полнокровие центральных вен и вен портальных трактов, наличие очагов со стертым балочнорадialным строением печеночных долек вокруг портальных зон, дисконкомплексации печеночных балок. Гепатоциты в состоянии слабовыраженной белково-зернистой и гидропической дистрофии, отдельно лежащие гепатоциты в просвете синусоид, клетки Каунсильмена. Большинство портальных полей расширено, с резко выраженной лейкоцитарной инфильтрацией, иногда разрушающей пограничную пластинку и проникающей в близлежащие синусоиды. В строме долек мелкие и крупные очаги диффузного клеточного инфильтрата, довольно крупные и плотные лимфоидные фолликулы.

Патологические изменения менее выражены в сердце и печени курочек при белом и желтом освещении (таблицы 1-3).

Таблица 1 – Морфометрическая характеристика сердца ремонтного молодняка, возраст 15-16 недель, мкм, $M \pm m$, $n=5$

Table 1 – Morphometric characteristics of the heart of repair young egg hens, age 15-16 weeks, microns, $M \pm m$, $n=5$

Исследуемый параметр / Parameter under study	Группа / Group			
	контроль- ная / control	1-я опыт- ная / 1st experi- mental	2-я опыт- ная / 2nd experi- mental	3-я опыт- ная / 3rd experi- mental
1	2	3	4	5
Диаметр ядра / The diameter of the nucleus:				
длинный / long	2,82±0,05	2,66±0,07	2,85±0,13	2,92±0,09
короткий / short	1,66±0,03	1,62±0,03	1,96±0,21	1,74±0,07
Площадь ядра / The area of the nucleus	7,88±0,28	7,23±0,32	9,26±1,41	8,55±0,55
Объем ядра / The volume of the nucleus	4,08±0,22	3,69±0,22	6,22±1,87	4,69±0,49
Диаметр поперечного среза клетки / The diameter of the cross-section of the cell:				
длинный / long	5,44±0,21	5,19±0,06	5,73±0,24	5,61±0,19
короткий / short	3,96±0,11	3,83±0,07	4,14±0,11	4,04±0,12
Площадь поперечного среза клетки / The area of the cross-section of the cell	16,95±1,08	15,62±0,41	18,72±1,25	17,88±1,14

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Количество лейкоцитов в 1 мм ² / Number of white blood cells in 1 mm ²	24,52±1,82	21,1±1,44	29,71±1,50*	27,22±1,10
Межмышечное пространство / The intermuscular space	4,99±0,11	3,10±0,18 ***	4,33±0,12**	4,26±0,32
Количество очагов лейкоцитарного инфильтрата / Number foci of leukocyte infiltration	4,75±1,11	4,00±2,12	7,25±1,65	5,5±0,96
Диаметр очагов лейкоцитарного инфильтрата в эпикарде, мкм / Diameter foci of the leukocyte infiltrate in the epicardium, microns:				
длинный / long	3,53±0,70	2,63±0,63	4,63±1,19	2,30±0,25
короткий / short	1,08±0,31	1,20±0,36	1,16±0,17	0,83±0,09

Примечание: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

При желтом освещении признаки воспаления в срезах сердечной ткани установлены у 2 голов из 5, под остальным - у 4 из 5. Под зеленым и голубым (бело-голубым) освещением более выражена субэпикардальная жировая ткань.

В срезах печени курочек, выращенных при голубом (бело-голубом) освещении, целостность примыкающей к сосудам пограничной гепацитарной пластинки чаще нарушена, лимфоидных фолликулов в центре долек печени больше в 4-6 раз, в промежуточной зоне долек – на 36,2-55,7 %, чем в контроле при белом освещении.

Таблица 2 – Морфометрическая характеристика печени ремонтного молодняка, возраст 15-16 недель, мкм, M±m

Table 2 – Morphometric characteristics of the liver of repair young egg hens, age 15-16 weeks, microns, M±m

Исследуемый параметр / Parameter under study	Группа / Group			
	контроль-ная / control n=5	1-я опытная / 1st experimental n=4	2-я опытная / 2nd experimental n=4	3-я опытная / 3rd experimental n=6
Диаметр ядра / The diameter of the nucleus:				
длинный / long	4,50±0,06	4,57±0,04	4,59±0,06	4,74±0,07*
короткий / short	4,05±0,08	4,14±0,05	4,10±0,08	4,34±0,05*
Площадь ядра / The area of the nucleus	14,32±0,49	14,86±0,29	14,77±0,49	16,14±0,37*
Объем ядра / The volume of the nucleus	38,72±2,09	40,97±1,26	40,40±2,12	46,73±1,66*
Диаметр клетки / The diameter of the cell:				
длинный / long	9,60±0,25	9,71±0,25	9,97±0,21	10,45±0,22*
короткий / short	7,88±0,19	7,89±0,20	7,78±0,24	8,48±0,25
Площадь клетки / The area of the cell	59,50±2,86	60,22±3,06	60,97±3,14	69,82±3,62
Объем клетки / The volume of the cell	313,78±22,14	317,34±24,45	316,98±26,01	397,24±33,16
Площадь цитоплазмы / The area of the cytoplasm	45,17±2,41	45,36±3,12	46,20±2,66	53,68±3,32
Объем цитоплазмы / The volume of the cytoplasm	275,06±20,13	276,36±24,77	276,58±23,91	350,82±31,75
Отношение ядро / клетка / The ratio of the nucleus / cell:				
площадь / area	0,24±0,005	0,25±0,014	0,24±0,005	0,23±0,008
объем / volume	0,12±0,003	0,13±0,011	0,13±0,004	0,12±0,007
Отношение ядро / цитоплазма (ЯЦО) / The ratio of nucleus / cytoplasm:				
площадь / area	0,32±0,008	0,33±0,024	0,32±0,009	0,30±0,014
объем / volume	0,14±0,004	0,15±0,015	0,15±0,006	0,14±0,008

Примечание: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

Таблица 3 – Морфометрические показатели печени ремонтного молодняка, возраст 15-16 недель, мкм, $M \pm m$

Table 3 – Morphometric characteristics of the liver of repair young egg hens, age 15-16 weeks, microns, $M \pm m$

Исследуемый параметр / Parameter under study	Группа / Group			
	контрольная / control n=5	1-я опытная / 1st experimental n=4	2-я опытная / 2nd experimental n=4	3-я опытная / 3rd experimental n=6
Ширина просвета центральной вены / The width of the lumen of central vein:				
большой диаметр / large diameter	49,17 $\pm$ 3,34	54,82 $\pm$ 3,69	57,58 $\pm$ 6,58	70,82 $\pm$ 1,41***
малый диаметр / small diameter	28,47 $\pm$ 1,82	27,63 $\pm$ 1,40	33,88 $\pm$ 2,62	37,51 $\pm$ 2,82*
Ширина просвета портальной вены / The width of the lumen of the portal vein:				
большой диаметр / large diameter	34,96 $\pm$ 2,26	46,27 $\pm$ 2,08	43,91 $\pm$ 3,37	41,98 $\pm$ 1,02*
малый диаметр / small diameter	17,47 $\pm$ 1,98	22,83 $\pm$ 4,42	23,58 $\pm$ 3,82	23,85 $\pm$ 0,88*
Ширина просвета портальной артерии / The width of the lumen of the portal artery:				
большой диаметр / large diameter	8,05 $\pm$ 0,95	7,79 $\pm$ 0,05	7,18 $\pm$ 0,63	7,68 $\pm$ 0,31
малый диаметр / small diameter	4,77 $\pm$ 0,22	5,01 $\pm$ 0,25	4,11 $\pm$ 0,40	4,53 $\pm$ 0,26
Ширина просвета желчного протока / Width of the bile duct lumen:				
большой диаметр / large diameter	7,82 $\pm$ 0,50	7,17 $\pm$ 0,69	8,85 $\pm$ 2,44	8,53 $\pm$ 0,42
малый диаметр / small diameter	5,15 $\pm$ 0,23	4,56 $\pm$ 0,27	4,58 $\pm$ 0,33	5,40 $\pm$ 0,20
Толщина печеночных балок / The thickness of hepatic beams:				
центральных / central	14,14 $\pm$ 0,48	15,79 $\pm$ 1,12	16,51 $\pm$ 0,34*	16,61 $\pm$ 0,38**
периферических / peripheral	9,29 $\pm$ 1,73	16,24 $\pm$ 0,64	16,47 $\pm$ 0,09*	17,59 $\pm$ 0,42**
Диаметр просвета синусоидных капилляров / Diameter of the lumen of sinusoid capillaries:				
центральной вены / central vein	7,60 $\pm$ 0,81	6,19 $\pm$ 0,92	7,94 $\pm$ 0,79	6,07 $\pm$ 0,53
портальной вены / portal vein	13,00 $\pm$ 1,87	6,28 $\pm$ 0,42	8,74 $\pm$ 0,39	7,30 $\pm$ 0,46

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Выводы. В исследовании использовали монохроматическое и белое освещение в цехах клеточного выращивания ремонтного молодняка яичных кур кроссов Хайсек Уайт и Декалб Уайт с суточного возраста до возраста 15-16 недель. Выявлено различное влияние цвета освещения на физиологическое состояние птицы.

При применении белого и желтого освещения морфологические и биохимические показатели крови молодняка в возрасте 30, 60 и 90 дней имеют меньшие отклонения от физиологических норм, чем при зеленом и голубом освещении.

Анатомическое исследование не выявило достоверной разницы абсолютной массы сердца и печени у 15-16-недельного молодняка в группах при разном освещении. Определено, что при монохроматическом освещении (особенно голубом) масса эпикардального жира у молодок была больше, чем при белом.

В результате гистологического исследования установлено, что морфологические признаки воспаления в сердце и печени 15-16-недельного молодняка менее выражены при белом и желтом освещении, чем при зеленом и голубом.

Белое или желтое освещение компактных люминесцентных ламп с цветовой температурой 4500-5500 К и 2800-3000 К, соответственно, световым потоком 400-800 лм может быть использовано в период клеточного выращивания цыплят с суточного возраста до возраста 15-16 недель в качестве общей профилактики заболеваний молодняка яичной птицы в период выращивания.

Библиографический список

1. Андрианова Е. Эффективный сорбент для профилактики микотоксикозов в птицеводстве // Комбикорма. 2017. № 10. С. 101-104.

2. Влияние скормливания разработанной кормовой добавки на развитие внутренних органов цыплят яичного кросса / Н. А. Юрина, А. Б. Власов, А. А. Данилова, Л. Н. Скворцова // Новые технологии. 2018. № 1. С. 164-170.

3. Дунець В. Ю., Слівінська Л. Г. Профілактика хвороб печінки у курей яєчного напрямку продуктивності // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 73. С. 55-60.

4. Малофеев А. А., Металышкова Д. В., Хохлов Р. Ю. Влияние красного монохроматического освещения на развитие сердца куриных эмбрионов в предплодном и плодном периодах эмбриогенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 (ч.2). С. 349-352.

5. Овчинников А. А., Матросова Ю. В., Коновалов Д. А. Продуктивность кур несушек и качество инкубационного яйца при использовании в рационе пробиотиков // Пермский Аграрный Вестник. 2019. № 1 (25). С. 105-112.

6. Усенко В. В., Виноградова Е. В., Кошчаева О. В. Влияние иммунопрофилактики на развитие внутренних органов молодняка яичных кур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2015. № 105. С. 1099-1122.

7. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н. Развитие внутренних органов яичной птицы под влиянием добавок антистрессового действия // Аграрный вестник Урала. 2014. № 4 (122). С. 35-42.

8. Этиология и патогенез гепатитов кур / Ю. Н. Козлова, В. Н. Афонюшкин, В. С. Черепушкина, Ю. С. Хоменко, С. С. Березин // Птицеводство. 2016. № 10. С. 25-32.

9. Effect of monochromatic light on circadian rhythm of clock genes in chick pinealocytes / S. Ma, Z. Wang, J. Cao, Y. Dong, Y. Chen // Photochem Photobiol. 2018. V. 94 (6). P. 1263-1272.

10. Effects of light color on growth performance, histomorphometric features of small intestine and some blood parameters in chukar partridges (*Alectoris chukar*) / U. G. Simsek, M. Ciftci, M. Yaman, M. Ozcelik, Y. Baykalir, A. Kizilaslan, A. Bayrakdar, Z. Cambay, S. Yakut, Z. Erisir // Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 2020. V. 26 (1). P. 33-39.

11. In-ovo green light photostimulation during different embryonic stages affect somatotrophic axis / L. Dishon, N. Avital-Cohen, S. Zaguri, J. Bartman, R. Heiblum, S. Druyan, T. E. Porter, M. Gumulka, I. Rozenboim // Poultry Science. 2017. V. 96 (6). P. 1884-1890.

12. Lipopolysaccharide mediates immuno-pathological alterations in young chicken liver through TLR4 signaling / H. Xi-Yao, R. Abdur Ansari, H. Haibo, Z. Xing, L. Ning-Ya, S. Zhi-Jian, P. Ke-Mei, Z. Jumeng, L. Hua-Zhen // BMC Immunology. 2017. V. 18 (1). P. 12.

Conclusions. In the study, monochromatic and white lighting was used in the workshops for cell rearing of repair young egg hens of Hysek White and DeKalb White crosses from the daily age to the age of 15-16 weeks. Different influence of lighting color on the physiological state of the bird was revealed.

When using white and yellow lighting, the morphological and biochemical parameters of the blood of chickens at the age of 30, 60 and 90 days have less deviations from physiological norms than with green and blue lighting.

Anatomical study did not reveal a significant difference in the absolute weight of the heart and liver of chickens for a 15-16-week-old in groups under different lighting conditions. In chickens under monochromatic lighting (especially blue), the mass of epicardial fat was greater than in white.

As a result of histological research, it was found that morphological signs of inflammation in the heart and liver of 15-16-week-old young are less pronounced in white and yellow light than in green and blue.

White or yellow illumination of compact fluorescent lamps with a color temperature of 4500-5500 K and 2800-3000 K, respectively, with a light flux of 400-800 LM can be used during the period of cellular rearing of chickens from the daily age to the age of 15-16 weeks as a general prevention of diseases of young egg birds during the rearing period.

References

1. Andrianova E. Jeffectivnyj sorbent dlya profilaktiki mikotoksikozov v pticevodstve // Kombikorma. 2017. № 10. P. 101-104.

2. Vliyanie skarmlivaniya razrabotannoy kormovoy dobavki na razvitie vnutrennih organov cyplyat yaichnogo krossa / N. A. Yurina, A. B. Vlasov, A. A. Danilova, L. N. Skvorcova // *Novye tehnologii*. 2018. № 1. P. 164-170.
3. Dunec' V. Yu., Slivins'ka L. G. Profilaktika hvorob pechinki u kurej yaechnogo napryamku produktivnosti // *Naukovij visnik LNUVMBT imeni S. Z. Izhic'kogo*. 2017. T. 19. № 73. P. 55-60.
4. Malofeev A. A., Metalyshkova D. V., Hohlov R. Yu. Vliyanie krasnogo monohromaticheskogo osvescheniya na razvitie serdca kurinyh jembrionov v predplodnom i plodnom periodah jmbriogeneza // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. № 10 (ch.2). P. 349-352.
5. Ovchinnikov A. A., Matrosova Yu. V., Kononov D. A. Produktivnost' kur nesushek i kachestvo inkubacionnogo jajca pri ispol'zovanii v racione probiotikov // *Permskij Agrarnyj Vestnik*. 2019. № 1 (25). S. 105-112.
6. Usenko V. V., Vinogradova E. V., Koshaeva O. V. Vliyanie immunoprofilaktiki na razvitie vnutrennih organov molodnyaka yaichnyh kur // *Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo GAU*. 2015. № 105. P. 1099-1122.
7. Shackih E. V., Latypova E. N. Razvitie vnutrennih organov yaichnoj pticy pod vliyaniem dobavok antistressovogo dejstviya // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2014. № 4 (122). P. 35-42.
8. Etiologiya i patogenez gepatitov kur / Yu. N. Kozlova, V. N. Afonyushkin, V. S. Cherepushkina, Yu. S. Homenko, S. S. Berezin // *Pticevodstvo*. 2016. № 10. P. 25-32.
9. Effect of monochromatic light on circadian rhythm of clock genes in chick pinealocytes / S. Ma, Z. Wang, J. Cao, Y. Dong, Y. Chen // *Photochem Photobiol*. 2018. V. 94 (6). P. 1263-1272.
10. Effects of light color on growth performance, histomorphometric features of small intestine and some blood parameters in chukar partridges (*Alectoris chukar*) / U. G. Simsek, M. Ciftci, M. Yaman, M. Ozcelik, Y. Baykalir, A. Kizilaslan, A. Bayrakdar, Z. Cambay, S. Yakut, Z. Erisir // *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 2020. V. 26 (1). P. 33-39.
11. In-ovo green light photostimulation during different embryonic stages affect somatotrophic axis / L. Dishon, N. Avital-Cohen, S. Zaguri, J. Bartman, R. Heiblum, S. Druyan, T. E. Porter, M. Gumulka, I. Rozenboim // *Poultry Science*. 2017. V. 96 (6). P. 1884-1890.
12. Lipopolysaccharide mediates immuno-pathological alterations in young chicken liver through TLR4 signaling / H. Xi-Yao, R. Abdur Ansari, H. Haibo, Z. Xing, L. Ning-Ya, S. Zhi-Jian, P. Ke-Mei, Z. Juming, L. Hua-Zhen // *BMC Immunology*. 2017. V. 18 (1). P. 12.

Authors Information

Siyanova Irina Vladimirovna, senior researcher, Department «Livestock and poultry», Federal state budgetary scientific institution Far Eastern zonal research veterinary Institute (Russia, 675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. North, 112), candidate of biological sciences, 8-914-562-3012. E-mail: sijnova@mail.ru

Информация об авторах

Сиянова Ирина Владимировна, старший научный сотрудник отдела «Животноводство и птицеводство» Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института (ФГБНУ ДальЗНИВИ) (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), кандидат биологических наук, тел. 8-914-562-3012. E-mail: sijnova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-28

THE FUNCTIONING MODEL OF THE INDUSTRIAL BREEDING ENTERPRISE

D. V. Zubochenko

*Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea»,
Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation*

Received 03.03.2020

Submitted 11.05.2020

The research was supported by the administration of the Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea» within the framework of the state research program, registration number AAAA-A16-116022610122-2

Summary

The article presents the model of the rabbit breeding enterprise based on the developed methodology for calculating production volumes. Indicators of the number of non-pregnant female rabbits and the safety of young animals the model takes into account.

Abstract

Introduction. The business model should take many factors into account when planning the creation of a new industrial rabbit breeding enterprise. The volume of planned products is the first step in this event. Information about methods for calculating planned productivity on rabbit farms with meat (broiler) breeds of rabbits in rooms with a controlled microclimate is not fully presented. **Object.** The object of the study is rabbits of the California breed. **Materials and methods.** The number of females of the main herd is 132 heads. Females are kept in individual cages equipped with a delivery room. There were 35 reserve females and 20 repair females. Males: 8 heads of 4 lines. Conditions of detention: climate controlled in rabbit house were with using two-level cells of an industrial design (t in winter at least + 10 ° C, t in summer at no more than + 25 ° C. Duration of illumination in the room: for a herd of adult rabbits - 16 hours a day, for a feeding herd - 8 hours. Air exchange rate: in the winter - 2 m³ / h, in the summer - 4.5 m³ / h per 1 kg of live weight. The herd of female rabbits is divided into seven groups, taking into the number of not fertilized females (reserve of females). The system of semi-densified birthing was used: mating - on the 16th day after giving birth, weaning on the 41st day, no more than 8 rabbits were left in the nest. In the presence of the 9th rabbit or more, transplanting was carried out to the female with less than 8 heads of young rabbits. Rabbits were fed with granular feed mixtures. A point estimate of the female's readiness for mating and systematic feeding of the females with vitamin E and selenium supplement was introduced in the first year of observation. **Results and conclusion.** The indicator of non-pregnant females for 2016 was 31.6%, and by the end of 2018, this indicator decreased by 4.9%. The results of mating females in 2018 show that the percentage of females with parturitions of normal etiology was observed in the next periods: January-February and May-December. The percentage of non-pregnant females was recorded in March-April, and in May, August, November, and December, the highest percentage of females with parturitions of pathological etiology was noted. The average percentage of females dropped out in 2018 was reduced to 3.7% and varies from 1.1% in February to 6.5% in March. Thus, by the third year it was possible to achieve a uniform departure of the females due to death. In the analysis of the percentage of females with parturitions of normal etiology scans to all females, in the conditions of 2016, a gradual decrease by the end of the year to the level of 58.8% is noted. In 2017, this indicator rises to 71.3%. In 2018, this indicator varies from 71.6 to 77.1%. In the second half of 2016, the idle rate indicator acquires increased values - up to 41.1. The lowest values of this index were noted in 2018 at the level of 21.2 - 25.3%. In general, the average idle rate for the analyzed period was 30.28%. The average number of parturitions of rabbits per female in 2016-2018 was 4.99. In particular, the average indicator of the number of born rabbits per one female in 2016 was 4.81 heads, in 2017 was 4.96 heads and in 2018 was 5.21 heads. The number of rabbits born per female with parturitions of normal etiology was 7.19 heads for three years on average. Thus, the average number of weaned rabbits for one female in 2016-2018 was 4.27 heads, and the average number of weaned rabbits for one female who gave parturitions without pathology for 2016-2018 was 6.17. As a result, the average safety index of rabbits during lactation for three years was 85.9%. On average, in 2016, the live weight of the rabbit at weaning was 996 g, in 2017 was 937 g and in 2018 was 953 g. Over three years, this indicator for the California breed was 962 grams. The number of baby rabbits born per one female is positively and significantly in all these cases ($p \leq 0.01 \dots 0.001$) correlated with the following indicators: in 2016, with the number of baby rabbits born per one female who gave birth without pathologies ($r = 0.54$) and the number of taken rabbits per one female ($r = 0.64$); in 2017 with an indicator of the number of weaned rabbits per one female ($r = 0.87$), and in 2018 this indicator was 0.91 units. The relationship between the number of rabbits born per one female in 2018 and the number of weaned rabbits per one female who gave birth without pathologies was also noted ($r = 0.42$). In 2017, were noted a negative correlation only between the number of born rabbits per one female and the safety of rabbits ($r = -0.57$). The reliability of the correlation is strengthened every year between the number of born rabbits per female, giving birth without pathologies and the number of weaned rabbits per female, giving birth without pathologies, respectively, by years, this coefficient varies 0.73; 0.63; 0.77. The number of weaned rabbits per one female in 2016 and 2018 was positively related to the number of weaned rabbits per one female who gave birth without pathologies and the safety of the young during the lactation period, respectively, 0.80 and 0.69 in 2016, and in 2018 - 0.56 and 0.62 units. The number of weaned rabbits per female that gave birth without pathologies was positively related to the safety index of rabbits during the suckling period: in 2016 was 0.84 units, in 2017 was 0.73 units and in 2018 was 0.48 units. A relationship was observed between the number of weaned rabbits per female, who gave birth without pathologies and the average weight of the rabbit on 41 days in 2017 at the

level of 0.73 units. A reliable relationship between the safety and weight of rabbits at 41 days was noted only in 2017 (0.73 units). In other time periods, such a relationship was not noted. Thus, according to the three-year results of the work of the farm with the Californian rabbit breed, a stable relationship has been proved between the introduction of the concept of a female point score according to indicators during insemination (weight + quantity) and the safety of the livestock during the suckling period. Based on the analysis, the use of coefficients in calculating the output of products on rabbit farms with the content of meat (broiler) breeds of rabbits in rooms with controlled microclimate was proposed in article. In order to simulate the activity of a rabbit breeding enterprise, it should be used in calculations based on data from livestock specialist' documentation (the reserve coefficient of females that are not pregnant, the coefficient characterizing the norm of choice of animals for replacing adult animals, the mortality rate of young animals for fattening, the coefficient characterizing the percentage of females not pregnant, etc.).

Key words: *breeding, females, young animals, litter, safety, live weight, rabbit production yield coefficient.*

Citation. Zubochenko D.V. The functioning model of the industrial rabbit enterprise. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 280-295 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-28.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.

УДК 636.92

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КРОЛИКОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. В. Зубоченко, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь

Дата поступления в редакцию 03.03.2020

Дата принятия к печати 11.05.2020

Исследования выполнены при поддержке администрации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в рамках государственной программы НИР, регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116022610122-2

Актуальность. В открытых источниках не представлено достаточно информации по методам расчета выхода продукции на кролиководческих фермах с содержанием мясных пород кроликов в помещениях с регулируемым микроклиматом. **Объект.** Объектом исследований являются кролики калифорнийской породы. **Материалы и методы.** Поголовье самок основного стада – 132 гол. Содержание – в индивидуальных клетках. В первый год наблюдений была введена бальная оценка готовности самки к случке и систематическая выпойка маточного стада добавкой «Е-селен». **Результаты и выводы.** В среднем, за 2016 год показатель прохолоста составил 31,6 %, а к концу 2018 года этот показатель снизился на 4,9 %. Средний процент выбывших самок в 2018 году снижен до 3,7 %. В ходе анализа процентного соотношения самок с окролами нормальной этиологии к слученным самкам, в условиях 2018 года варьирует от 71,6 до 77,1 %. Средний показатель прохолоста любой этиологии за анализируемый период 2016 – 2018 гг. составил 30,28 %. Среднее количество рожденных крольчат на одну слученную самку составило 4,99 гол., а на одну самку с окролами нормальной этиологии – 7,19 гол. Средний показатель сохранности крольчат во время лактации за три года составил 85,9 %, а масса одного крольчонка при отъеме – 962 грамма. Отмечена взаимосвязь между количеством отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий и средней массой крольчонка в 41 день в 2017 году – на уровне 0,73 ед. Достоверная взаимосвязь между сохранностью и массой крольчат в 41 день отмечена лишь в 2017 году – 0,73 ед.; в остальные временные периоды такой связи не отмечено. В статье на основании проведенного анализа предлагается применение коэффициентов в ходе расчета выхода продукции на кроликофермах с содержанием мясных (бройлерных) пород кроликов в помещениях с регулируемым микроклиматом.

Ключевые слова: *кролиководство, самки кроликов, молодняк кроликов, окролы, сохранность кроликов, живая масса кроликов, продукция кролиководства, коэффициент выхода продукции кролиководства.*

Цитирование. Зубоченко Д. В. Модель функционирования промышленного кролиководческого предприятия. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 280-295. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-28.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В природных системах человек вправе, руководствуясь поставленными задачами, планировать получение запрограммированного объема и качества получаемой продукции [1]. Немалый потенциал в аграрном секторе Крыма отводится промышленному кролиководству, которое в настоящее время делает первые шаги в своем развитии [3], в связи с чем планирование получения продукции в этой отрасли является актуальным. Несмотря на то, что опыт мелких фермеров и современные промышленные клетки из сварной сетки для крупных ферм практически не отличаются, тем не менее в последние десятилетия, интерес к альтернативным и обогащенным системам жизнеобеспечения кроликов возрастает. Идет поиск максимально дешевого производства мяса кроликов. Разделяют две основные системы содержания животных: групповая, когда кролики содержатся постоянными группами, и индивидуальная [6].

Основной целью групповой системы содержания было обеспечение близких к природе условий окружающей среды, аналогичных европейским диким кроликам, близкую к природной. К недостаткам можно было отнести высокий отход молодняка в подсосный период – от 4 до 25 % и вспышки агрессии. Агрессия сказывается на количестве пометов. Количество пометов в год составляло от 3,7 и 2,1, а социальный ранг устанавливался путем интенсивных боев [8]. В индивидуальной системе содержания крольчихи и самцы содержатся индивидуально: нивелированы случаи агрессии со стороны окружающих особей, а цикл размножения возможно контролировать наиболее пристально, добываясь максимального количества окролов за год и выход крольчат с одной самки [9].

Исходя из анализа данных в настоящей статье на основе изучения накопленных статистических данных содержания кроликов калифорнийской породы в условиях Республики Крым в промышленных клетках поставлена цель – изучить принципы удешевления производства мяса кроликов и предложить элементы построения экономической модели функционирования предприятия при планировании каждого этапа промышленного кролиководческого предприятия.

В настоящее время в мире наблюдается возрождение кролиководства, а потребность в диетическом мясе кролика в России в среднем удовлетворяется менее чем на 0,5 %; спрос на диетическое мясо кролика в России составляет более 300 тыс. тонн в год [12]. Промышленное производство мяса кроликов является залогом постоянного увеличения продуктов кролиководства [13].

В открытых источниках представлено недостаточно информации по методикам расчета выхода продукции на кролиководческих фермах с содержанием мясных (бройлерных) пород кроликов в помещениях с регулируемым микроклиматом. Представлена стандартная информация, зачастую с завышенными показателями, либо базирующаяся на данных, полученных при советском опыте содержания кроликов, который на сегодняшний день явно устарел. Также и действующим предприятиям для планирования работы отдела сбыта необходима максимально точная информация по количеству продукции, которую необходимо будет сбывать в ближайшей перспективе для заключения фьючерсных контрактов, подбора производственных средств и общего планирования работы предприятия. Также данная методика необходима и руководящему составу для контроля работы предприятия.

Таким образом, целью настоящей статьи является разработка элементов методики формирования модели промышленного кролиководческого предприятия, позволяющей запланировать оптимальное количество самок основного стада в период осеменения и объем продукции в количественном выражении, которая будет получена от осемененных маток.

В задачи исследований входило обоснование расчётной методики, согласно которой возможно рассчитать поголовье маток (слученных, прохолостивших, полученного молодняка и его сохранности, процент ввода ремонтного молодняка) для получения заданного объема продукции кролиководства.

Материалы и методы. Полученные закономерности рассчитывались путем анализа информации, полученной в течение трех лет работы ЛПХ «Зубоченко Д.В.» (Республика Крым, Симферопольский район), СПК «Садовод». За время работы было произведено около 3700 случек, отсажено от самок около 16 000 крольчат.

Принципиальная схема работы с самками была следующая. Данная методика разработана нами для примышленного кролиководства и обеспечивает оптимальную нагрузку самки подсосным молодняком, при которой самка при отсадке могла бы вырастить молодняк со средней живой массой 1 головы 1000 грамм и более. Этот вес обусловлен тем фактом, что при таких значениях живой массы животные переносят вакцинацию и отъем с минимальным процентом падежа в сравнении с молодняком с более низкой массой, понашим наблюдениям.

Материал исследований: самки калифорнийской породы: 132 самки основного стада, содержащихся в индивидуальных клетках, оборудованных родильным отсеком; 35 резервных самок; 20 ремонтных самок. Самцы: 8 голов калифорнийской породы (4 линии). Условия содержания: закрытый крольчатник с регулируемым микроклиматом с использованием двухуровневых клеток промышленного образца (t зимой не менее $+10^{\circ}\text{C}$, t летом – не более $+25^{\circ}\text{C}$). Длительность освещенности в помещении маточного стада – 16 ч в сутки, откормочном помещении – 8 ч в сутки; норма воздухообмена: зимой – $2\text{ м}^3/\text{ч}$, летом – $4,5\text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 кг живой массы.

Зоотехническая модель размещения стада: маточное стадо разделено на семь равномерных групп с учетом планируемого прохолоста (резерв самок). Применялась система полууплотненного окрола: случка – на 16-й день после окрола, отъем на 41-ый день, в гнезде оставлялось не более 8 крольчат. При наличии 9-го крольчонка и более осуществлялась подсадка маткам, имеющим менее 8 голов крольчат.

Расчет выхода продукции был разработан на основании полученных производственных данных в течение 2016-2018 гг.

Результаты и обсуждение. С имеющимися на территории нашей страны породами кроликов следует в дальнейшем активно проводить комплекс работ по сохранению и дальнейшему активному их использованию в практике селекционно-племенной работы. Рынок требует высокий уровень хозяйственно-полезных качеств животных, а этим требованиям вполне отвечают породы кроликов [2], генофонд которых представлен в достаточной степени и которые пригодны для широкого спектра хозяйственного использования в различных регионах нашей страны [4]. Так, один из изучаемых факторов интенсификации был изучен на крольчихах породы белый великан. Результаты искусственного отбора крольчих по плодовитости показали, что крольчата, полученные из пометов размером от 8 до 10 крольчат, обладали наибольшим уровнем жизнеспособности, а искусственный отбор самок позволяет вести селекцию в направлении повышения плодовитости и снижения в пометах случаев мертворождения [5].

В наших наблюдениях мы провели анализ воспроизводительной способности слученных самок калифорнийской породы в период с 2016 по 2018 гг. Результаты представлены в таблице 1. В среднем, за 2016 год показатель прохолоста составил 31,6 %, а к концу 2018 года этот показатель снизился на 4,9 %. Этому результату удалось достичь введением балльной оценки готовности самки к случке и систематической выпойкой маточного стада добавкой «Е-селен». Анализ результатов случек кроликоматок основного стада в период с

2016 по 2018 гг., представленный в таблице 1, разбит по следующим позициям: были учтены самки, которые окролились без осложнений, прохолостившие, самки с окролами патологической этиологии и самки, выбывшие из стада по причине падежа.

Таблица 1 – Анализ воспроизводительной способности самок

Table 1 – Analysis of the reproductive ability of females of California breed

Месяц / Month	Показатель / Indicator								
	Количество слученных самок, гол. / The number of inseminated females, heads			Количество самок, окролившихся без осложнений, гол. / The number of females giving parturitions without complications, heads			Показатель прохолоста, % / Indicator of not pregnant females, %*		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
В среднем на месяц / Monthly average	72,5	76,8	86,9	49,8	52,3	63,5	31,6	32,8	26,7
Итого / Total	870	922	1043	595	628	762	-	-	-

Примечание к таблице: * показатель общего прохолоста – это сумма самок с естественным прохолостом (оказались не скурольными по физиологическим причинам), с окролами патологической этиологии (мертворождение, например) и погибших при окроле.

Note: * the indicator of the absence of the fact of pregnancy of females is the sum of females with a natural absence of pregnancy (turned out to be not pregnant for physiological reasons), with a parturitions of a pathological etiology (stillbirth, for example) and deaths during parturitions.

В 2016 году наибольший процент самок, окролившихся без осложнений, отмечен был в период с февраля по март, июне, сентябре и октябре (более 67,0 %), с прохолостами по естественным причинам – в январе, апреле, августе, октябре и ноябре. Окролы с патологической этиологией наблюдались в апреле, мае, июле и декабре. Наибольший падеж самок составил в июле, сентябре и декабре.

В 2017 году наибольший процент самок, окролившихся без осложнений, отмечен был в период с мая по декабрь, а с прохолостами по естественным причинам – в марте, апреле, июле, октябре и декабре. Наибольший процент окролов патологической этиологии наблюдались в феврале и мае. В январе и сентябре отмечен наивысший процент падежа самок.

Анализ данных, показывающих результаты случки самок в 2018 году, показывает, что процент самок с окролами нормальной этиологии наблюдался в январе-феврале и с мая по декабрь. Процент прохолостивших самок, наоборот, отмечен в марте-апреле, а в марте, мае, августе, ноябре и декабре отмечен наибольший процент самок с окролами патологической этиологии. Средний процент выбывших самок в 2018 году снижен до 3,7 % и варьирует от 1,1% в феврале до 6,5 % в марте. Таким образом, к третьему году удалось достичь равномерного отхода самок по причине падежа.

В накопительной гистограмме (рисунок 1) приведены сравнительные данные по трем годам наблюдений средних данных воспроизводительных особенностей кроликоматок. Процент самок, окролившихся без патологий, к 2018 году увеличивается до 73,3 %. Соответственно, прохолост снижается до 17,9 %, что на 2,9 абс. % ниже в сравнении с 2016 годом и на 4,3 абс. % – с 2017 годом. Отмечен средний процент самок с окролами патологической этиологии (с 5,8 % в 2016 году до 5,1 % в 2018 году) и самок, выбывших из стада по причине падежа (с 5,4 % в 2016 году до 3,7 % в 2018 году).

В ходе анализа процентного соотношения самок с окролами нормальной этиологии к слученным самкам, в условиях 2016 года, отмечается постепенное снижение к концу года до уровня 58,8 %, в условиях 2017 года отмечено постепенное повышение

до 71,3 % со спадом в осенний период до 66,2 %, а в 2018 году этот показатель становится постоянным с вариацией от 71,6 в мае до 77,1 % в конце года. В среднем за период 2016 – 2018 гг., процентное соотношение самок с окролами нормальной этиологии к слученным самкам составило 69,7 % (рисунок 2).



Рисунок 1 – Результаты окролов самок в анализируемый период (%) /

Figure 1 – Birth results of females rabbits in the analyzed period (%)



Рисунок 2 – Процентное соотношение самок с окролами нормальной этиологии к слученным самкам /

Figure 2 – Percentage of females rabbits with parturitions of normal etiology to fertilized females

Процентное соотношение естественно прохолостивших самок к слученным самкам, в среднем за период 2016 – 2018 гг. составило 20,3 %. В 2018 году отмечена тенденция к стойкому понижению этого показателя до 12,1-12,5 % во вторую половину анализируемого года (рисунок 3).

В ходе анализа среднего процентного соотношения самок с окролами патологической этиологии в отношении к слученным самкам составило 5,1 % за три исследуемых года (рисунок 4). Наиболее высокая вариабельность этого показателя отмечена в 2016 году – в пределах от 1,6 до 11,1 %.

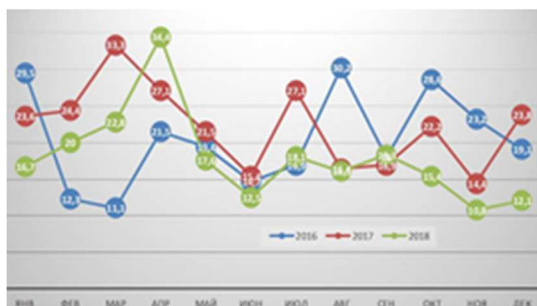


Рисунок 3 – Процентное соотношение естественно прохолостивших самок к слученным самкам

Figure 3 - Percentage of females rabbits that are not fertilized to fertilized females

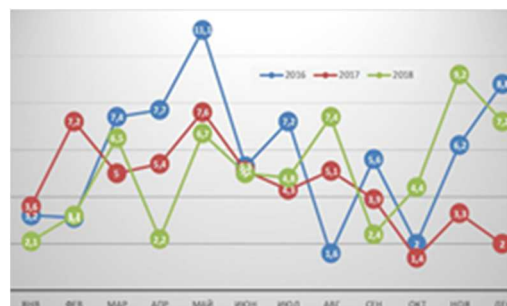


Рисунок 4 – Процентное соотношение самок с окролами патологической этиологии к слученным самкам

Figure 4 - Percentage of females rabbits with parturitions of pathological etiology to fertilized females

Процентное соотношение самок, выбывших из стада по причине падежа, к слученным самкам приведено на рисунке 5. Наименьшая вариабельность этого показателя отмечена в 2018 году и к концу года принимает значение 3,6 %, а среднее процентное соотношение самок, выбывших из стада по причине падежа к слученным самкам за период 2016-2018 составило 4,4 %.

На рисунке 6 приведен показатель сложенного прохолоста за период 2016-2018 гг.



Рисунок 5 – Процентное соотношение самок, выбывших из стада по причине падежа к слученным самкам

Figure 5 - Percentage of females rabbits that have left the herd due to mortality to fertilized females



Рисунок 6 – Показатель общего прохолоста за период 2016-2018г

Figure 6 - The indicator of the total females rabbits that are not fertilized for the period 2016-2018

Во вторую половину 2016 года показатель сложенного прохолоста приобретает повышенные значения – с 31 % увеличивается до 41,1. Наименьшие постоянные значения, начиная с июня показатель сложенного прохолоста снижается в 2018 году до уровня 21,2-25,3 %. В целом, средний показатель сложенного прохолоста за анализируемый период 2016-2018 гг. составил 30,28 %.

Анализ данных параметров продуктивности занимает важное место в кролиководстве, поскольку изучаемые параметры продуктивности, обеспечивают не только высокий уровень продуктивности, но и влияют на повышение воспроизводительных качеств кроликов. На рисунке 7 приведены показатели окролов за 2016-2018 гг. Среднее количество рожденных крольчат на одну слученную самку за 2016-2018 год составило 4,99 шт. В том числе средний показатель количества родившихся крольчат на одну слученную самку за 2016 год составил 4,81 гол, в 2017 году – 4,96 гол. и в 2018 году – 5,21 гол. На рисунке 8 показаны средние данные этих двух показателей по месяцам в среднем за три года.



Рисунок 7 – Среднее количество рожденных крольчат на одну слученную самку в период 2016 – 2018 гг.

Figure 7 - The average number of born rabbits per one fertilized female rabbits in the period 2016 - 2018.

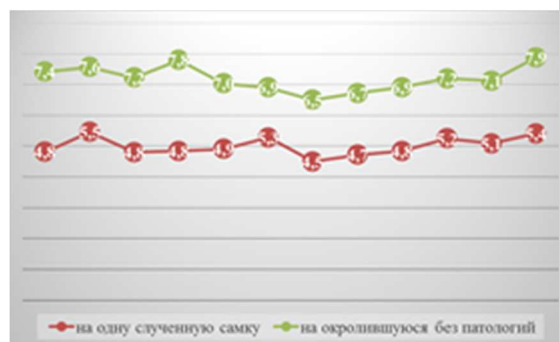


Рисунок 8 – Количество рожденных крольчат в среднем за три года от слученных самок, гол.

Figure 8 - The number of born rabbits on average for three years from the fertilized females rabbits, heads

В ходе расчета показателя среднего количества рожденных крольчат на одну самку с окролами нормальной этологии в период 2016-2018 гг. составило 7,19 гол.

На рисунках 9 и 10 приведены показатели отъема крольчат в период 2016–2018 гг.

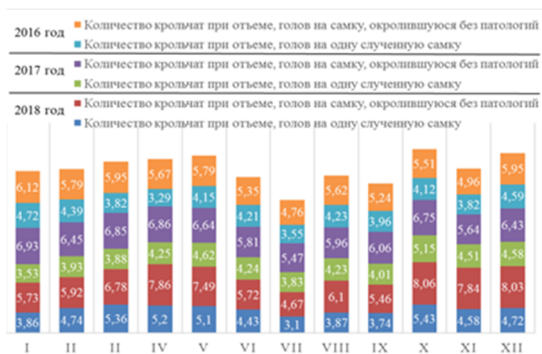


Рисунок 9 – Среднее количество отнятых крольчат на одну слученную самку в период 2016-2018 гг.

Figure 9 - Average number of weaned young rabbits per fertilized female rabbits in the period 2016-2018.

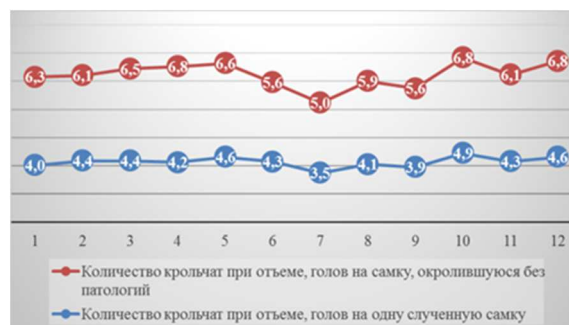


Рисунок 10 – Количество отнятых крольчат в среднем за три года от слученных самок
Figure 10 – The number of weaned young rabbits on average for three years from the fertilized females rabbits

Таким образом, среднее количество отлученных крольчат на одну слученную самку за 2016-2018 год составило 4,27 гол., а среднее количество отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий за 2016-2018 год, составило 6,17 гол. В итоге средний показатель сохранности крольчат во время лактации за 2016-2018 год составил 85,9 %.

На рисунке 11 приведены производственные показатели ремонта маточного стада в анализируемый период. Отмечен постепенный рост маток основного стада до 167 голов, что на 35 голов выше в сравнении с 2016 годом; снижается ввод ремонтных самок в основное стадо на 11 гол. и, соответственно, процент ремонта на 32 абс. %.

В среднем за 2016 год живая масса крольчонка при отъеме составила 996 г, в 2017 году – 937 г и в 2018 году – 953 г. В среднем за три года этот показатель по калифорнийской породе составил 962 грамма (рисунок 12).

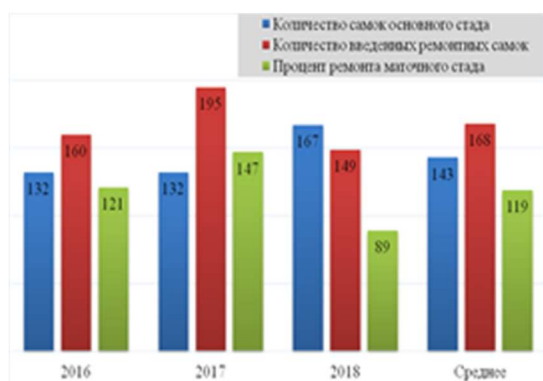


Рисунок 11 – Производственные показатели ремонта маточного стада за 2016-2018 г.
Figure 11 - Production indicators of broodstock repair for 2016-2018



Рисунок 12 – Показатели средней массы отсаженного крольчонка в 41 день в период 2016 – 2018 г.(грамм)
Figure 12 – Indicators of the average mass of a weaned young rabbit at 41 days in the period 2016 - 2018 (grams)

В таблице 2 представлена динамика корреляционных взаимосвязей изучаемых признаков калифорнийской породы кроликов.

Таблица 2 – Динамика сопряженности воспроизводительных показателей крольчих в наблюдаемый период

Table 2 – The dynamics of the correlations of reproductive performance of females rabbits in the observed period

	X1	X2	X3	X4	X5
2016 год					
X2	0,54*				
X3	0,64**	0,59**			
X4	0,21	0,73***	0,80***		
X5	-0,11	0,25	0,69**	0,84***	
X6	0,28	0,31	0,45*	0,40	0,34
2017 год					
X2	0,18				
X3	0,87***	0,17			
X4	-0,33	0,63**	0,05		
X5	-0,57**	-0,07	-0,08	0,73**	
X6	-0,17	0,42*	0,12	0,73**	0,73**
2018 год					
X2	0,28				
X3	0,91***	0,16			
X4	0,42*	0,77***	0,56**		
X5	0,23	-0,17	0,62**	0,48*	
X6	-0,01	-0,27	-0,01	-0,19	-0,01

Пояснения к таблице: X1 - Количество родившихся крольчат на одну слученную самку; X2 - Количество родившихся крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий; X3 - Количество отлученных крольчат на одну слученную самку; X4 - Количество отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий; X5 - Сохранность крольчат в период подсоса; X6 - Средняя масса отсаженного крольчонка в 41 день.

Note: X1 - The number of born rabbits per one fertilized female; X2 - The number of born rabbits per female, which was gave parturition without pathologies; X3 - The number of weaned rabbits per one fertilized female; X4 - The number of weaned rabbits per one female, which was gave parturition without pathologies; X5 - Safety of rabbits during the period of suckling; X6 - The average weight of a rabbit age of 41 days.

Количество родившихся крольчат на одну слученную самку положительно коррелирует со следующими показателями: в 2016 году – с количеством родившихся крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий ($r=0,54$) и количеством отлученных крольчат на одну слученную самку ($r=0,64$); в 2017 году – с показателем количества отлученных крольчат на одну слученную самку ($r=0,87$), а в 2018 году этот показатель составлял 0,91 ед. Отмечена также взаимосвязь количества родившихся крольчат на одну слученную самку в 2018 году с количеством отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий ($r=0,42$). Отрицательную корреляцию мы отмечаем в 2017 году лишь между количеством родившихся крольчат на одну слученную самку и сохранностью крольчат ($r=-0,57$).

Достоверность связи усиливается каждый год между количеством родившихся крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий, и количеством отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий, соответственно, по годам, этот коэффициент варьирует 0,73; 0,63; 0,77.

Количество отлученных крольчат на одну слученную самку в 2016 и 2018 годах положительно связано с количеством отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий, и сохранностью крольчат в период подсоса, соответственно, в 2016 году – 0,80 и 0,69, а в 2018 году – 0,56 и 0,62.

Количество отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий положительно и каждый год связано с показателем сохранности крольчат в период подсоса: в 2016 году – 0,84, в 2017 году – 0,73 и в 2018 году – 0,48 ед. Отмечена взаимосвязь между количеством отлученных крольчат на одну самку, окролившуюся без патологий и средней массой крольчонка в 41 день в 2017 году – на уровне 0,73 ед.

Достоверная взаимосвязь между сохранностью и массой крольчат в 41 день отмечена лишь в 2017 году – 0,73 ед.; в остальные временные периоды такой связи не отмечено.

Таблица 3 – Сводная таблица рабочих показателей предприятия за 2016-2018г.

Table 3 – Summary table of operating indicators of the enterprise for 2016-2018

№ п/п / No. in order	Показатель / Indicator	Ед. изм. / unit meas- ure-ment	2016	2017	2018	В среднем за 2016-2018 гг. / On average for 2016-2018
1	Показатель прохолоста любой этиологии / The rate of females who are not pregnant any etiology	%	31,6	32,8	26,7	30,28
2	Показатель самок, окролившихся без патологий / The indicator of females giving parturition without pathologies	%	68,4	67,3	73,3	69,7
3	Показатель естественного прохолоста / The indicator of females who did not give birth for natural reasons	%	20,8	22,2	17,9	20,3
4	Показатель самок с окролами патологической этиологии / The indicator of females with birth of pathological etiology	%	5,77	4,5	5,1	5,1
5	Показатель выбывших самок / Out of female rate	%	5,4	6,1	3,7	4,4
6	Показатель родившихся крольчат на одну слученную самку / Birth rate of rabbits for one fertilized female	Голов / heads	4,81	4,96	5,21	4,99
7	Показатель родившихся крольчат на одну самку с нормальным окролом / Birth rate of rabbits per female with normal parturition	Голов / heads	7,04	7,38	7,13	7,19
8	Показатель отлученных крольчат на одну слученную самку / The rate of weaned rabbits for one fertilized female	Голов / heads	4,51	4,23	4,03	4,27
9	Показатель отлученных крольчат на одну самку с нормальным окролом / The weaned rabbit rate per female with normal parturition	Голов / heads	6,64	6,32	5,56	6,17
10	Показатель сохранности крольчат в период подсоса / The indicator of safety of rabbits during the suckling period	%	93,96	85,71	78,01	85,9
11	Показатель ремонта маточного стада / Breeding herd repair rate	%	121	147	89	119
12	Показатель средней массы крольчонка в гнезде при отсадке в 41 день / The average weight of the rabbit in the nest when weaning at 41 days	Грамм / gram	996	937	953	962

Таким образом, по трехлетним результатам работы фермы с калифорнийской породой кроликов, доказана устойчивая взаимосвязь между введением понятие текущего рейтинга по показателям при отсадке (вес + количество) и сохранностью поголовья в период подсоса.

В таблице 3 приведена сводная таблица показателей работы со стадом, на основе которой будут предложены расчеты выхода продукции в настоящей статье.

Анализируя данные в таблице 3, можно сделать вывод, что в анализируемом хозяйстве зоотехническая работа поставлена на высоком уровне и все показатели соответствуют зоотехническим нормативам. Также целесообразно отметить, что достижение данных показателей невозможно было бы без решения комплекса задач, связанных с ветеринарным обслуживанием, гигиеной производства, микроклимата и кормления животных.

Исходя из вышеизложенной информации, предлагаем применение коэффициентов в ходе расчета выхода продукции на кроликофермах с содержанием мясных (бройлерных) пород кроликов в помещениях с регулируемым микроклиматом. Предложены два варианта расчетов получаемой продукции (планируемой) на ферме в системе резервирования прохолоста. Каждый вариант включает в себя прогнозируемый выход кроликов на убой в целом по ферме (n_0) и в заданный период времени (n_{0t}).

Первый вариант – прогнозируемый выход кроликов на убой в целом по ферме (n_0) рассчитывается по формуле (1):

$$n_0 = N \times k_1 \times (1 - (k_2 + k_3)), \quad (1)$$

где n_0 – прогнозируемый выход кроликов на убой, шт.; N – количество осемененных (слученных) самок, шт.; k_1 – коэффициент, полученный опытным путем, характеризующий среднее количество отсаженных крольчат на одну слученную самку ($k_1 = 4,27$); k_2 – коэффициент, характеризующий процент падежа молодняка на откорме (при $k_2 = 0,1$ падеж принят за 10 % с условной оценкой «отлично»; при $k_2 = 0,15$ падеж принят за 15 % с условной оценкой «хорошо»; при $k_2 = 0,2$ падеж принят за 20 % с условной оценкой «удовлетворительно»); k_3 – коэффициент, характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада из отработавшей группы: $k_3 = 0,05 \dots 0,07$.

Прогнозируемый выход кроликов на убой в заданный период времени рассчитывается по формуле (2):

$$n_{0t} = N \times (1 - k_1 - k_2 - k_3) \times k_4 \times (1 - (k_5 + k_6)), \quad (2)$$

где n_{0t} – прогнозируемый выход кроликов на забой в заданный период времени, гол.; N – количество осемененных (слученных) самок в заданный период времени, гол.; k_1 – коэффициент, характеризующий процент естественного прохолоста на кроликоферме, исходя из зоотехнических норм и работы хозяйства ($k_1 = 0,203$ при уровне прохолоста 20,3 %)*; k_2 – коэффициент, характеризующий процент нездоровых окролов на ферме, исходя из работы экспериментального хозяйства ($k_2 = 0,051$ при уровне окролов патологической этиологии 5,1 %)**; k_3 – коэффициент, характеризующий процент падежа самок во время окрола и сукрольности, исходя из работы хозяйства ($k_3 = 0,044$ при уровне падежа самок 4,4 %***); k_4 – коэффициент, полученный опытным путем, характеризующий среднее количество отсаженных крольчат на одну самку с нормальным окролом ($k_4 = 6,17$); k_5 – коэффициент, характеризующий процент падежа молодняка на откорме (при $k_5 = 0,1$ падеж принят за 10% с условной оценкой «отлично»; при $k_5 = 0,15$ падеж принят за 15 % с условной оценкой «хорошо»; при $k_5 = 0,2$ падеж принят за 20 % с условной оценкой «удовлетворительно»); k_6 – коэффициент, характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада из отработавшей группы ($k_6 = 0,05 \dots 0,07$).

Второй вариант расчета – применяется при использовании приема резервирования прохолоста.

Прогнозируемый выход кроликов на убой в целом по ферме (n) рассчитывается по формуле (3):

$$n = N \times (1 + k_p) \times k_1 \times (1 - (k_2 + k_3)), \quad (3);$$

где n – прогнозируемый выход кроликов на забой, гол.; N – количество осемененных (слученных) самок, гол.; k_1 – коэффициент, полученный опытным путем, характеризующий среднее количество отсаженных крольчат на одну слученную самку ($k_1 = 4,27$); k_2 – коэффициент, характеризующий процент падежа молодняка на откорме (при $k_2 = 0,1$ падеж принят за 10 % с условной оценкой «отлично»; при $k_2 = 0,15$ падеж принят за 15 % с условной оценкой «хорошо»; при $k_2 = 0,2$ падеж принят за 20 % с условной оценкой «удовлетворительно»); k_3 – коэффициент, характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада из отработавшей группы ($k_3 = 0,05-0,07$); k_p – коэффициент резервирования прохолоста, задается зоотехником исходя из условий работы хозяйства (при стандартных зоотехнических показателях обычно равняется коэффициенту естественного прохолоста и составляет $k_p = 0,2$).

Прогнозируемый выход кроликов на убой в заданный период времени (nt) рассчитывается по формуле (4):

$$nt = N \times (1 + k_p) \times (1 - k_1 - k_2 - k_3) \times k_4 \times (1 - (k_5 + k_6)), \quad (4)$$

где nt – прогнозируемый выход кроликов на убой в заданный период времени, гол. N – количество осемененных (слученных) самок в заданный период времени, гол. k_1 – коэффициент, характеризующий процент естественного прохолоста на кроликоферме, исходя из зоотехнических норм и трехлетней работы хозяйства (при $k_1 = 0,203$ уровень прохолоста составляет 20,3 %)*; k_2 – коэффициент, характеризующий процент окролов патологической этиологии на ферме, исходя из трехлетней работы хозяйства ($k_2 = 0,051$ при уровне окролов патологической этиологии 5,1 %)**; k_3 – коэффициент, характеризующий процент падежных самок во время окрола и беременности, исходя из работы экспериментального хозяйства ($k_3 = 0,044$ при уровне падежа самок 4,4 %***); k_4 – коэффициент, полученный опытным путем, характеризующий среднее количество отсаженных крольчат на одну самку с нормальным окролом ($k_4 = 6,17$); k_5 – коэффициент, характеризующий процент падежа молодняка на откорме (при $k_5 = 0,1$ падеж принят за 10 % с условной оценкой «отлично»; при $k_5 = 0,15$ падеж принят за 15 % с условной оценкой «хорошо»; при $k_5 = 0,2$ падеж принят за 20 % с условной оценкой «удовлетворительно»); k_6 – коэффициент, характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада из отработавшей группы ($k_6 = 0,05-0,07$); k_p – коэффициент резервирования прохолоста, задается зоотехником исходя из условий работы хозяйства (при стандартных зоотехнических показателях обычно равняется коэффициенту естественного прохолоста и составляет $k_p = 0,2$)****.

Разъяснение некоторых коэффициентов:

* - коэффициент, характеризующий процент естественного прохолоста на кроликоферме. Это процент самок, у которых после случки (осеменения) не произошло оплодотворение.

** - коэффициент, характеризующий процент окролов патологической этиологии на ферме. Это процент самок, у которых в процессе беременности произошел выкидыш плодов, у которых в процессе окрола из-за неправильных действий самки произошла гибель новорожденных крольчат, также сюда относятся случаи удушения самками крольчат при окроле, либо самка родила вне гнезда и произошла гибель крольчат;

*** – коэффициент, характеризующий процент падежа самок во время окрола и беременности. Это процент самок, которые в период беременности либо в момент окрола погибли.

**** - коэффициент резервирования прохолоста. Резервирование прохолоста применяется зоотехником для компенсации естественного прохолоста с целью максимальной загрузки рабочих мест, оборудованных родильными отсеками.

Explanation of some factors:

* - the percentage coefficient of cases of non-pregnancy by natural reasons. This is the percentage of females who did not fertilize after mating (insemination).

** the percentage coefficient of parturition of pathological etiology (miscarriage, death of newborns rabbits, crushing of rabbits during parturition, birth outside the nest, which caused the death of rabbits).

*** - the percentage coefficient of death of females during a parturition or pregnancy.

**** - coefficient taking into account the number of females that will not be fertilized. A livestock specialist is inseminating more females than he has places equipped with maternity wards.

Резюмируя мировой опыт, для промышленного кролиководства следует внедрять научный и практический опыт, направленный на оптимизацию влияния систем содержания кроликов [7]. В целом, непрерывное групповое содержание резко снижает благосостояние и продуктивность животных, поэтому данная система не может быть рекомендована в коммерческих предприятиях [11]. Закрытая система является залогом оптимальной стратегии и методов управления стада, которая улучшает благосостояние животных и здоровье кроликов, содержащихся в условиях промышленных ферм [10].

Таким образом, действующим предприятиям необходимо использовать при расчетах свои значения коэффициентов, представленных в формулах, при ведении на соответствующем уровне зоотехнической документации (коэффициент резервирования прохолоста, коэффициент характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада, коэффициент, характеризующий процент падежа молодняка на откорме, коэффициент характеризующий процент естественного прохолоста и т.д.).

Выводы. По трехлетним результатам работы фермы с калифорнийской породой кроликов доказана устойчивая взаимосвязь между введением понятия текущего рейтинга по показателям при отсадке (вес + количество) и сохранностью поголовья в период подсоса. Предлагается применение коэффициентов в ходе расчета выхода продукции на кроликофермах с содержанием мясных (бройлерных) пород кроликов в помещениях с регулируемым микроклиматом. С целью моделирования деятельности кролиководческого предприятия следует использовать при расчетах на основании данных зоотехнической документации (коэффициент резервирования прохолоста, коэффициент характеризующий норму выборки животных на ремонт основного стада, коэффициент характеризующий процент падежа молодняка на откорме, коэффициент характеризующий процент естественного прохолоста и т.д.).

Библиографический список

1. Дьяченко А. В. Метатеоретические исследования императивов сохранения природного потенциала // Известия НВАУК 2019. № 1(53). С. 1-7 DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-5.
2. Нигматуллин Р. М. Сумеет ли возродить то, что теряем, и уже потеряли // Кролиководство и звероводство. 2019. № 1. С. 9-14. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.1.0003.
3. Паштецкий В. С., Косован М. Н., Остапчук П. С. Этапы развития кролиководства в республике Крым // Кролиководство и звероводство. 2017. №3. С. 65-69.
4. Сравнительная характеристика экстерьерной изменчивости кроликов пород белый великан, советская шиншилла, калифорнийская и трехпородного кросса, созданного на их основе / А. Р. Шумилина, Н. И. Тинаев, Г. Ю. Косовский, Е. В. Голованова, К. И. Егорова, Н. И. Куликова // Кролиководство и звероводство. 2019. № 2. С. 6-12. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.2.0003.
5. Эффективность искусственного отбора крольчих / Т. В. Прохоренко, Н. И. Тинаев, Г. Ю. Косовский, Т. К. Карелина // Кролиководство и звероводство. 2018. № 5. С. 44-47. DOI: 10.24418/KIPZ.2018.5.0007.
6. Alternative and enriched housing systems for breeding does: A review / Z. Szendrő, J. I. McNitt, Z. S. Matics, Miko, G. Annamaria // World Rabbit Sci. 2016. № 24. P. 1-14. DOI:10.4995/wrs.2016.3801.
7. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does / Z. Szendrő, A. Trocino, St. Hoy, G. Xiccato, A. Villagrà, L. Maertens // World Rabbit Sci. 2019. № 27. P. 1-14.
8. Density-dependent reproduction in the European rabbit: a consequence of individual response and agedependent reproductive performance / H. G. Rödel, A. Bora, J. Kaiser, P. Kaetzke, M. Khaschei, D. von Holst // Oikos. 2004. No. 104. P. 529-539. DOI:10.1111/j.0030-1299.2004.12691.x

9. Effects of semi-group housing and floor type on pododermatitis, spinal deformation and bone quality in rabbit does / B. Buijs, K. Hermans, L. Maertens, A. Van Caelenberg, F. A. M. Tuytens // *Animal*. 2014. No. 8. 1728-1734. DOI:10.1017/S1751731114001669.

10. Hoy St., Matics Zs. Alternative housing systems for rabbit does. In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016. P. 637-651.

11. Location and behaviour of group housed rabbit does in pens include common area and individual cages / T. P. Farkas, Z. Szendrő, Z. Matics, I. Nagy, M. Odermatt, I. Radnai, L. Kacsala, R. Kasza, M. Jakab, Z. Gerencsér // Abstracts of the 29th Hungarian Conference on rabbit production. Kaposvár. Hungary, May 31, 2017. World Rabbit Sci., 2017. № 26. P. 194-195. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.9821>.

12. Senchenko M. A., Agapov A. The Efficiency of growing of rabbits of different breeds with modern technology using recycled materials // Collection of materials of the XXI International and Interregional BIOS-forum and XXI of the Youth BIOS-Olympiad. SPb.: St Petersburg scientific centre of RAS; SPb.: Lubavitch, 2016. P. 184-188.

13. The efficiency of the production of rabbit meat with the help of modern technology in the personal subsidiary farm / M. A. Senchenko, E. A. Pivovarova, G. O. Agapov, M. P. Petrović, V. C. Petrović, D. R. Muslić, N. Maksimović // *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2018. № 34 (2). P. 259-267. <https://doi.org/10.2298/BAH1802259S>.

Conclusion. According to the three-year results of the work of the farm with the Californian rabbit breed, a stable relationship has been proved between the introduction of the concept of a female point score according to indicators during planting (weight + quantity) and the safety of the livestock during the suckling period. The use of coefficients in calculating the output of products on rabbit farms with the content of meat (broiler) breeds of rabbits in rooms with controlled microclimate was proposed in article. In order to simulate the activity of a rabbit breeding enterprise, it should be used in calculations based on data from livestock specialist's documentation (the reserve coefficient of females that are not pregnant, the coefficient characterizing the norm of choice of animals for replacing adult animals, the mortality rate of young animals for fattening, the coefficient characterizing the percentage of females not pregnant, etc.).

References

1. Dyachenko A. V. Metateoretical studies of the imperatives of preserving of natural potential // Proc. of the Lower Volga Agro University Comp. No. 1(53). 1-7 DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-5.

2. Nigmatullin R. M. Will we be able to revive what we are losing, and have already lost // Rabbit breeding and fur farming. 2019. No. 1. P. 9-14. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.1.0003.

3. Pashtetskiy V.S., Kosovan M. N., Ostapchuk P. S. Stages of development of rabbit breeding in the Republic of Crimea // Rabbit breeding and fur farming. 2017. No. 3. 65-69.

4. Comparative characteristics of the exterior variability of rabbits of the breeds White Giant, Soviet chinchilla, California and three-breed cross, created on their basis / A. R. Shumilina, N. I. Tinaev, G. Yu. Kosovsky, E. V. Golovanova, K. I. Yegorova, N. I. Kulikova // Rabbit breeding and fur farming. 2019. No. 2. P. 6-12. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.2.0003.

5. The effectiveness of the artificial selection of rabbits / T. V. Prokhorenko, N. I. Tinaev, G. Yu. Kosovsky, T. K. Karelina // Rabbit breeding and fur farming. 2018. No. 5. P. 44-47. DOI: 10.24418/KIPZ.2018.5.0007.

6. Alternative and enriched housing systems for breeding does: A review / Z. Szendrő, J. I. McNitt, Z. S. Matics, Miko, G. Annamaria // *World Rabbit Sci*. 2016. № 24. P. 1-14. DOI:10.4995/wrs.2016.3801.

7. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does / Z. Szendrő, A. Trocino, St. Hoy, G. Xiccato, A. Villagrà, L. Maertens // *World Rabbit Sci*. 2019. № 27. P. 1-14.

8. Density-dependent reproduction in the European rabbit: a consequence of individual response and agedependent reproductive performance / H. G. Rödel, A. Bora, J. Kaiser, P. Kaetzke, M. Khaschei, D. von Holst // *Oikos*. 2004. No. 104. P. 529-539. DOI:10.1111/j.0030-1299.2004.12691.x

9. Effects of semi-group housing and floor type on pododermatitis, spinal deformation and bone quality in rabbit does / B. Buijs, K. Hermans, L. Maertens, A. Van Caelenberg, F. A. M. Tuytens // *Animal*. 2014. No. 8. 1728-1734. DOI:10.1017/S1751731114001669.

10. Hoy St., Matics Zs. Alternative housing systems for rabbit does. In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016. P. 637-651.

11. Location and behaviour of group housed rabbit does in pens include common area and individual cages / T. P. Farkas, Z. Szendrő, Z. Matics, I. Nagy, M. Odermatt, I. Radnai, L. Kacsala, R. Kasza, M. Jakab, Z. Gerencsér // Abstracts of the 29th Hungarian Conference on rabbit production. Kaposvár. Hungary, May 31, 2017. World Rabbit Sci., 2017. № 26. P. 194-195. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.9821>.

12. Senchenko M. A., Agapov A. The Efficiency of growing of rabbits of different breeds with modern technology using recycled materials // Collection of materials of the XXI International and Interregional BIOS-forum and XXI of the Youth BIOS-Olympiad. SPb.: St Petersburg scientific centre of RAS; SPb.: Lubavitch, 2016. P. 184-188.

13. The efficiency of the production of rabbit meat with the help of modern technology in the personal subsidiary farm / M. A. Senchenko, E. A. Pivovarova, G. O. Agapov, M. P. Petrović, V. C. Petrović, D. R. Muslić, N. Maksimović // *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2018. № 34 (2). P. 259-267. <https://doi.org/10.2298/BAH1802259S>.

Author Information

Zubochenko Denis Viktorovich, Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Proteomics and Bioinformatics in Agriculture of Federal State Budget Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of Crimea", 295493 Kievskaya-str., Simferopol, Crimea, Russia. E-mail: ostapchuk_p@niishk.ru

Информация об авторе

Зубоченко Денис Викторович, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики в сельском хозяйстве Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма" (295493 Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, д.150). E-mail: ostapchuk_p@niishk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-29

MODELING OF QUALITY CONTROL PROCESSES OF FINISHED PRODUCTS IN THE PRODUCTION OF MICROBIOLOGICAL ADDITIVES FOR ANIMALS

**E. A. Brazhnik^{1,2}, V. H. Melikidi^{1,2}, G. Yu. Laptev^{1,2},
O. V. Kochetkova¹, D. P. Ar'kov¹**

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

²*«BIOTROF» LLC, Sankt-Petersburg, Pushkin*

Received 03.03.2020

Submitted 11.05.2020

Summary

The article discusses the business process of quality control of feed additives for animals on the example of the production of BIOTROF Ltd. The key factors of the production processes are studied. Graphic models of business processes in the form of eEPC diagrams are developed, their analysis is carried out. Based on the originally constructed process model, a quantitative assessment of performance indicators was made, weaknesses and possible risks were identified, which allowed us to develop an improved model of the business process. The process model has been successfully tested in practice, where it has shown its efficiency and effectiveness. Information support of production processes undoubtedly positively affected the level of product quality.

Abstract

Introduction. The introduction of special feed additives into the diet of farm animals makes it possible to increase their productivity and preserve the productive longevity of animals. Information support of the production processes of feed additives for farm animals and birds allows us to identify and

adjust key points that affect the quality of products. Raising the quality of animal feed, and therefore food for humans, is one of the urgent tasks for manufacturers. **Object.** The object of the study is the quality control process of finished products in the production of feed additives for animals by the scientific and production company BIOTROF Ltd. **Material and methods.** Research and analysis of production processes was carried out at the enterprise engaged in the development and production of microbiological products for animals Ltd BIOTROF, St. Petersburg. Using the eEPC methodology and ARIS Express open source software, models of finished product quality control processes were formed. Consideration of the chain of production processes and assessment of their effectiveness, allowed us to evaluate them comprehensively. **Results and conclusion.** Using the method of analysis of graphic schemes, weaknesses and strengths were identified in the process of quality control of finished products. Based on the research, a modified process for product quality control was developed and successfully implemented, which certainly affected the improvement of the quality level of products.

Key words: animal feed additives, business process, modeling, quality control.

Citation. Brazhnik E. A., Melikidi V. H., Laptev G. Yu., Kochetkova O. V., Ar'kov D. P. Modeling of quality control processes of finished products in the production of microbiological additives for animals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 295-306 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-29.

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

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

УДК 636.087.7:004.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Е. А. Бражник^{1,2}, аспирант

В. Х. Меликиди^{1,2}, аспирант

Г. Ю. Лаптев^{1,2}, доктор биологических наук, профессор

О. В. Кочеткова¹, доктор технических наук, профессор

Д. П. Арьков¹, кандидат технических наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Пушкин, Малиновская ул. 8, литера А, 7-Н

Дата поступления в редакцию 03.03.2020

Дата принятия к печати 11.05.2020

Аннотация. Рассмотрен бизнес-процесс контроля качества кормовых добавок для животных на примере производства компании ООО «БИОТРОФ». Изучены ключевые факторы процессов производства. Разработаны графические модели бизнес-процессов в виде диаграмм eEPC, проведен их анализ. На основе первоначально построенной модели процессов произведена количественная оценка показателей эффективности, выявлены слабые стороны и возможные риски, что позволило разработать улучшенную модель бизнес-процесса. Модель процессов была успешно испытана на практике, где показала свою работоспособность и эффективность. Информационная поддержка процессов производства, несомненно, положительно повлияла на уровень качества продукции.

Актуальность. Введение в рацион сельскохозяйственных животных специальных кормовых добавок позволяет повысить их продуктивность и сохранить продуктивное долголетие животных. Информационная поддержка процессов производства кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птиц позволяет выявить и скорректировать ключевые моменты, влияющие на качество продукции. Поднять качество кормов для животных, а значит, и продуктов питания для человека – одна из актуальных задач для производителей. **Объект.** Объектом исследования является процесс контроля качества готовой продукции при производстве кормовых добавок для животных научно-производственной компанией ООО «БИОТРОФ». **Материалы и методы.** Исследование и анализ производственных процессов проводили на предприя-

тии, занимающемся разработкой и производством микробиологической продукции для животных ООО «БИОТРОФ», г. Санкт-Петербург. С применением методологии eEPC и открытого программного продукта ARIS Express были сформированы модели процессов контроля качества готовой продукции. Рассмотрение цепочки производственных процессов и оценка их эффективности позволило оценить их комплексно. **Результаты и выводы.** С использованием метода анализа графических схем были выявлены слабые и сильные стороны в процессе контроля качества готовой продукции. На основе проведенных исследований разработан и успешно внедрен модифицированный процесс контроля качества продукции, что, безусловно, повлияло на повышение уровня качества выпускаемой продукции.

Ключевые слова: микробиологические кормовые добавки, процессы контроля качества, моделирование контроля качества кормовых добавок, качество кормовых добавок.

Цитирование. Бражник Е. А., Меликиди В. Х., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В., Арьков Д. П. Моделирование процессов контроля качества готовой продукции при производстве микробиологических добавок для животных. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 295-306. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-29.

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 конфликтов интересов.

Введение. Комбикормовая промышленность – это быстроразвивающаяся отрасль, которая входит в агропромышленный комплекс страны. Одна из задач отрасли состоит в обеспечении качественными и полноценными продуктами кормления различных групп животных, птиц и рыбы. Одним из компонентов современных кормов для сельскохозяйственных животных являются пробиотические кормовые добавки. Кормовыми добавками называют продукты растительного, животного, минерального, химического и микробиологического происхождения, включая их смеси, используемые для кормления животных всех видов или как компоненты для производства кормов. Добавки применяют для улучшения показателей роста, более эффективного использования кормов и повышения уровня здоровья животных [13].

Одним из отечественных производителей кормовых добавок микробиологического происхождения является компания ООО «БИОТРОФ», г. Санкт-Петербург. В круг задач научно-производственной компании «БИОТРОФ» входит разработка и выпуск кормовых добавок для животных, способных повысить продуктивность и качество продукции животноводства и птицеводства. Продукты компании Целлобактерин[®]+, Целлобактерин[®]-Т, Профорт[®], Интебио[®], Ликвипро[®], Заслон[®], Биотроф[®], Биотроф[®]-600, Биотроф[®]-111, Биотроф[®]2+ и другие пользуются доверием специалистов сельскохозяйственных организаций [1, 6].

На предприятии существует многоуровневый строгий контроль качества на всех этапах производства. Проведение испытаний проводится непосредственно сразу после отбора проб в лаборатории компании. Лаборатория оснащена современным оборудованием для проведения бактериологических исследований, позволяющих получить результаты в первые 24 часа после изготовления продукта.

Компания тесно сотрудничает с научно-исследовательскими институтами, и государственными аккредитованными центрами, где проводятся независимые экспертизы по определению безвредности, наличию токсичных и опасных соединений – радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов, микотоксинов, металлопримесей, а также патогенных микроорганизмов. Периодически проводится мониторинг используемого

сырья на наличие генетически модифицированных организмов (ГМО). По договору с государственной ветеринарной службой проводится независимая экспертиза сырья выпускаемой продукции и ветеринарно-санитарного состояния производства и складов.

Специалисты компании периодически проходят курсы повышения квалификации, которые проводит всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ»).

Один из принципов менеджмента качества в требованиях ISO 9001-2015 – это процессный подход. Он позволяет идентифицировать процессы компании, изучать, как процессы функционируют и какова их роль при взаимодействии друг с другом [12].

Процессный подход предполагает определение набора бизнес-процессов, выполняемых в организации, и дальнейшую работу с ними. Достоинство процессного подхода заключается в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии.

Моделирование и анализ бизнес-процессов являются одним из первостепенных инструментов повышения эффективности бизнеса. Модели бизнес-процессов позволяют получить представление о процессах предприятия, провести их анализ с целью улучшения и автоматизации [14].

Цель исследования – модернизация процесса контроля качества выпускаемой продукции и анализ его эффективности.

Материалы и методы. Процесс «Контроль качества» при производстве микробиологической продукции (кормовых добавок) является сквозным процессом, охватывающим все этапы производства, начиная с контроля входящего сырья, промежуточных этапов производства и заканчивая контролем качества готовой продукции. На примере компании ООО «БИОТРОФ» рассмотрен отдельно взятый процесс «Контроль качества готовой продукции».

В исследовании использовался системный подход, позволяющий рассмотреть исследуемый процесс в единстве не только выполняемых действий, но и формируемых результатов, используемых управленческих воздействий и документов, исполнителей процессов и применяемый инструментарий.

Моделирование бизнес-процессов – процесс отражения субъективного видения реально существующих в организации процессов при помощи графических, табличных, текстовых способов представления. Существует ряд методологий (нотаций) для описания процессов, предложенных отдельными компаниями — разработчиками программных продуктов, например методология ARIS (eEPC) компании IDS Scheer AG, Германия. Применение методологии eEPC (eEPC: extended Event Driven Process Chain – расширенная нотация описания цепочки процесса, управляемого событиями) позволяет провести моделирование и анализа бизнес-процессов [7, 8].

С применением методологии ARIS и ее открытого программного продукта ARIS Express смоделирован бизнес-процесс контроля качества выпускаемой продукции. С применением нотации eEPC удалось представить на схеме упорядоченную комбинацию событий и функций процесса контроля качества готовой продукции (рисунок 1).

Результаты и обсуждение. Кормовая добавка для сельскохозяйственных животных должна соответствовать критериям безопасности для животных, так как, в конечном счете, она влияет на безопасность продуктов питания человека. Вся выпускаемая продукция должна соответствовать установленным требованиям внутреннего стандарта – техническим условиям (ТУ), а также внешним нормативным документам по показателям безопасности. При экспорте в страны Таможенного Союза кормовая добавка также должна соответствовать требованиям этих стран. На фоне введения санк-

ций уровень продовольственной безопасности в РФ является актуальной проблемой. На сегодняшний день цены на продовольствие остаются достаточно высокими, а качество продукции еще недостаточно [3]. Наполнение рынка товарами высокого качества, производимыми в реальных секторах отечественной экономики, позволит сохранить стабильность внутри рынка и экономики в целом [9].

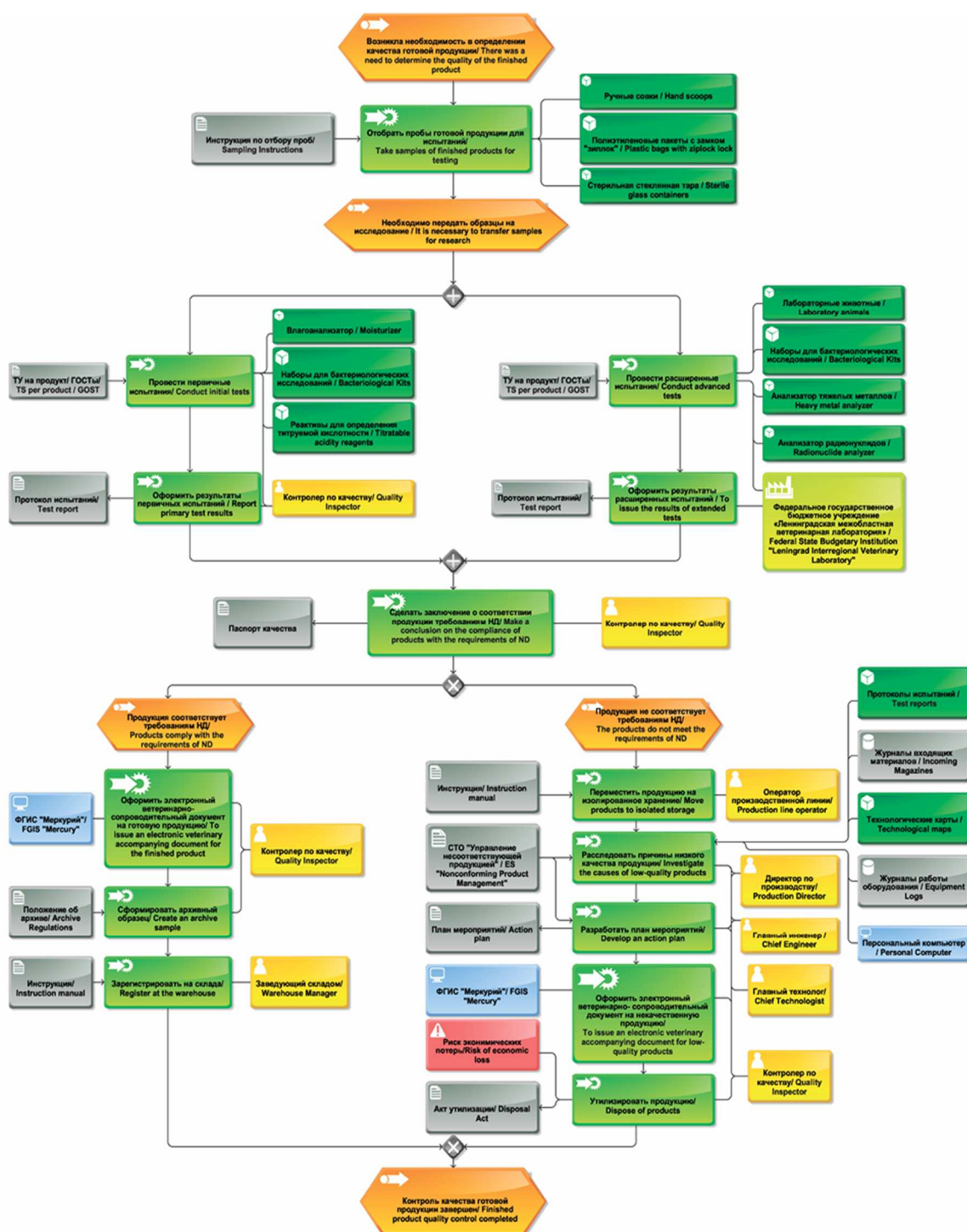


Рисунок 1– eEPC-диаграмма процесса контроля качества готовой продукции «Как есть»

Figure 1– eEPC diagram of the finished product quality control process "As it is".

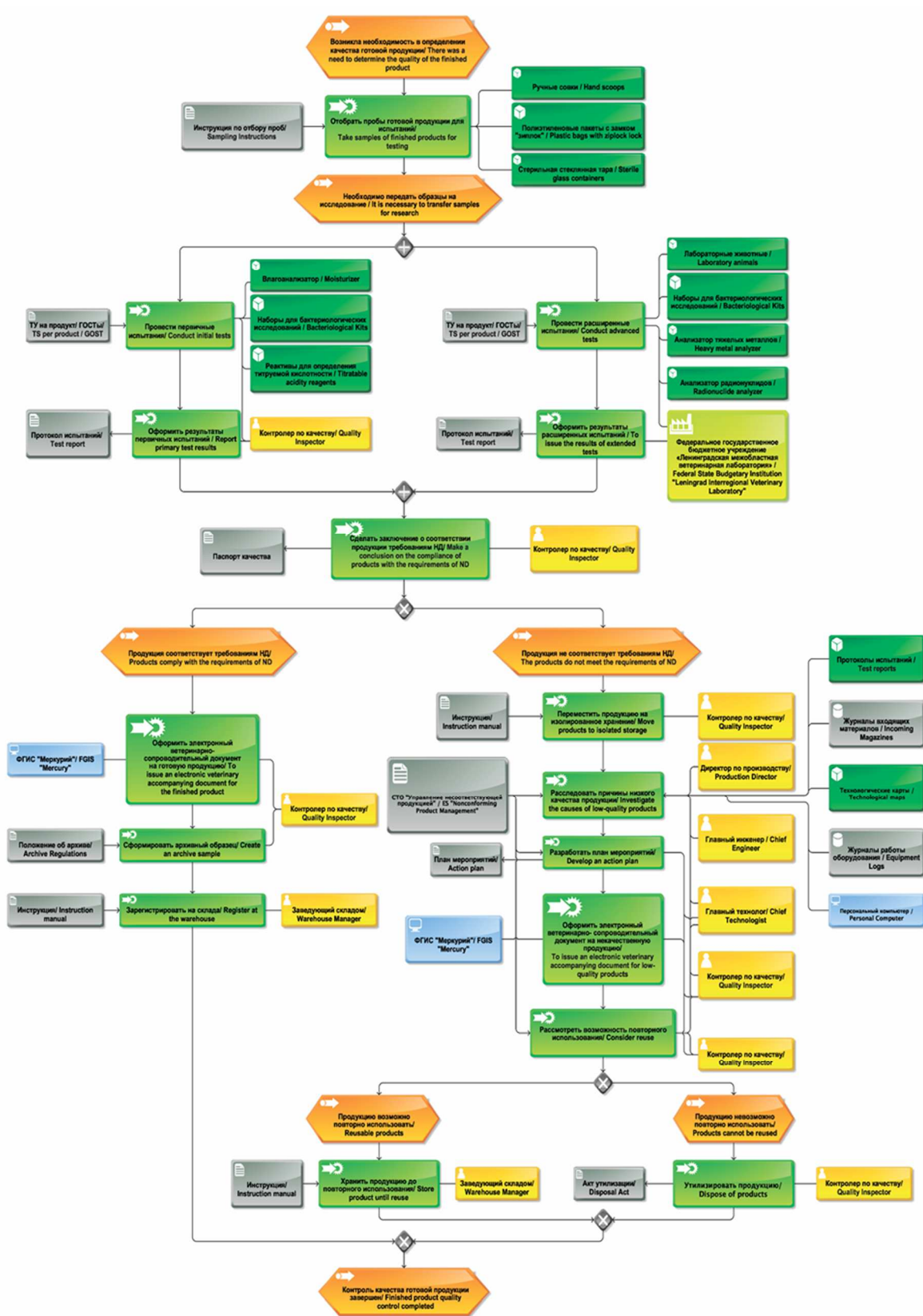


Рисунок 2 – eEPC-диаграмма процесса контроля качества готовой продукции после его модификации
 Figure 2 - eEPC diagram after modification of the quality control process of finished products

Контрольно-надзорный орган Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) принимает в этом активное участие. С его участием проходят контрольно-надзорные мероприятия, обеспечивающие безопасность и качество кормов. Каждая партия выработанного продукта сопровождается электронным сопроводительным ветеринарным документом (эВСД). При переходе прав собственности также оформляется эВСД для транспортировки. Оформление и учет продукции производится в автоматизированной информационной системе «Меркурий», призванной обеспечить соблюдение принципа, провозглашенного Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН и Международным эпизоотическим бюро (МЭБ) – контроль «от поля до прилавка» [2].

Процесс контроля качества выпускаемой продукции должен отвечать вышеупомянутому принципу и гармонизировать с остальными бизнес-процессами организации. Исполнителем данного процесса является отдел контроля качества.

Для определения качества разработанной модели бизнес-процессов применён коэффициентный метод расчета эффективности [4].

В таблице 1 представлены исходные данные по показателям бизнес-процесса «Контроль качества готовой продукции» «Как есть».

Таблица 1 – Данные для расчета показателей бизнес-процесса
«Контроль качества готовой продукции»

Table 1 – Data for calculating the indicators of the business process
«Quality control of finished products»

Параметр бизнес-процессов/ Business Process Parameter	Краткое наименование / Short title	Количественное значение / Quantitative value
Количество уровней бизнес-процессов/ Number of business process levels	П _{ур}	15
Количество экземпляров бизнес-процессов/ Number of business process instances	П _{экз}	15
Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов/ The number of process breaks in business process instances	П _{раз}	3
Количество классов бизнес-процессов/ Number of business process classes	П _{кп}	1
Число собственников бизнес-процессов/ The number of business process owners	СП	7
Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе/ The amount of resources used in the business process	Р	15
Количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов/ The number of "exits" in instances of business processes	П _{вых}	20
Количество регламентирующей нормативной документации/ Number of regulatory documents	П _{рег}	5
Количество рисков технологического процесса / Number of process risks	R	1

В таблице 2 представлены показатели бизнес-процесса «Как есть».

Из таблицы 2 видно, что модель бизнес-процесса в данном случае можно считать эффективной, но проблемной, несложной, с пониженным уровнем контролируемости, достаточно высокой ресурсоемкостью и наличием экономического риска, обусловленного неэффективным использованием сырья для производства кормовых добавок. Таким образом, анализируемый процесс нуждается в улучшении.

Таблица 2 – Показатели бизнес-процесса контроля качества продукции «Как есть»

Table 2 – Performance indicators of business processes «As it is»

Показатели эффективности бизнес-процессов/ Business Process Performance Indicators	Вид коэффициента/ Coefficient type	Формулы расчета коэффициента/ Coefficient calculation formulas	Нормативное значение коэффициента/ The standard value of the coefficient	Полученное значение коэффициента/ The resulting value of the coefficient
Сложность/ Complexity	k_{cl}	$k_{cl} = \Sigma P_{yp} / \Sigma P_{экз}$	$k_{cl} \leq 0,66$	1,00
Процессность/ Processability	$k_{пр}$	$k_{пр} = \Sigma P_{раз} / \Sigma P_{кп}$	$k_{пр} < 1$	3,0
Контролируемость/ Controllability	$k_{отв}$	$k_{отв} = \Sigma P_{кп} / \Sigma П$	$k_{отв} = 1$	0,14
Ресурсоемкость/ Resource intensity	k_p	$k_p = P / \Sigma P_{вых}$	$k_p < 1$	0,75
Регулируемость/ Adjustable	$k_{рег}$	$k_{рег} = \Sigma P_{рег} / \Sigma P_{кп}$	$k_{рег} \geq 1$	7,0
Показатель риска / Risk indicator krisk	$Kr=0$	$krisk = \Sigma Risk / \Sigma P_{экз}$	$Kr=0$	0,7

Представление бизнес-процессов в виде схемы и расчет коэффициентов позволяет выделить слабые стороны в процессах и разработать на ее основе новую оптимизированную схему процесса «Как будет» (рисунок 2).

Повторная переработка отклоненной продукции обеспечивает рациональное обращение с отходами и соблюдение принципов ресурсосбережения [10, 11]. Риск выпуска некачественной продукции на основе повторно переработанного продукта снижается благодаря результатам повторных испытаний на всех этапах производства с вовлечением в процесс широкого круга специалистов.

Исключение из бизнес-процесса возможности переработки отклоненной продукции экономически неэффективно и не снижает потенциальные риски, связанные с выпуском некачественной продукции. Анализ рисков, связанных с выпуском некачественной продукции, позволяет спланировать мероприятия по их устранению с наибольшей эффективностью. Разработка программ и инструкций позволяет оперативно проводить целевые мероприятия.

При наступлении ситуации, связанной с утилизацией продукции, производится расследование с установлением причин, повлекших к данному несоответствию. На основании результатов расследования разрабатывается план мероприятий по предупреждению такого вида риска и дается оценка эффективности принятых мер.

Рассмотрим некоторые примеры, при которых допускается повторная переработка продукции.

1. Количество целевых бактерий больше, чем установлено нормативной документацией. Решение – добавление инертного носителя без бактерий в количестве, необходимом для установления необходимой концентрации бактерий.

2. Количество целевых бактерий меньше, чем установлено нормативной документацией. Решение – доведение до необходимого количества клеток путем добавления бактерий.

3. Высокая влажность продукции в форме порошка. Решение – доведение до определенной влажности при помощи более сухого наполнителя и компенсация концентрации бактерий.

Примеры, при которых переработка не допускается и происходит утилизация продукции:

- наличие патогенных микроорганизмов, развитие плесневых грибов;
- не прохождение теста на безвредность или токсичность;
- превышение допустимых норм тяжелых металлов;
- превышение допустимых норм радионуклидов;
- превышение допустимых норм токсичных химических элементов, микотоксинов или пестицидов.

Возможность повторной переработки связана с технологией производства, доступностью необходимого оборудования. Но некоторые формы несоответствия невозможно устранить в силу их физической природы, например, высокая концентрация радионуклидов или тяжелых металлов в готовой продукции. Актуальный договор с организацией, обеспечивающей утилизацию отходов, обеспечивает быстрое освобождение склада от опасного объекта. Наступление данного типа несоответствия маловероятно, так как контроль качества проходит на всех этапах производства, начиная с момента поступления сырья. Применяемое сырье закупается у проверенных поставщиков. Каждая партия сырья в обязательном порядке сопровождается следующей документацией: удостоверение о качестве, сертификат о соответствии и ветеринарный сопроводительный документ.

Для модифицированного бизнес-процесса также проведена количественная оценка параметров, данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для расчета показателей модифицированного бизнес-процесса
«Контроль качества готовой продукции»

Table 3 – Data for calculating indicators of the modified business process
«Quality control of finished products»

Параметр бизнес-процессов / Business Process Parameter	Краткое наименование / Short title	Количественное значение / Quantitative value
Количество уровней бизнес-процессов/ Number of business process levels	П _{ур}	16
Количество экземпляров бизнес-процессов/ Number of business process instances	П _{экз}	16
Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов/ The number of process breaks in business process instances	П _{раз}	2
Количество классов бизнес-процессов/ Number of business process classes	П _{кп}	1
Число собственников бизнес-процессов/ The number of business process owners	СП	6
Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе/ The amount of resources used in the business process	Р	15
Количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов/ The number of "exits" in instances of business processes	П _{вых}	22
Количество регламентирующей нормативной документации/ Number of regulatory documents	П _{рег}	7
Количество рисков технологического процесса / Number of process risks	Р	0

В таблице 4 представлены показатели эффективности модифицированного бизнес-процесса.

Таблица 4 – Показатели эффективности модифицированного бизнес-процесса
«Контроля качества готовой продукции»

Table 4 – Performance indicators of the modified business process
«Quality control of finished products»

Показатели эффективности бизнес-процессов/ Business Process Performance Indicators	Вид коэффициента/ Coefficient type	Формулы расчета коэффициента/ Coefficient calculation formulas	Нормативное значение коэффициента/ The standard value of the coefficient	Полученное значение коэффициента/ The resulting value of the coefficient
Сложность/ Complexity	$k_{сл}$	$k_{сл} = \Sigma P_{ур} / \Sigma P_{экз}$	$k_{сл} \leq 0,66$	1,00
Процессность/ Processability	$k_{пр}$	$k_{пр} = \Sigma P_{раз} / \Sigma P_{кп}$	$k_{пр} < 1$	2,0
Контролируемость/ Controllability	$k_{отв}$	$k_{отв} = \Sigma P_{кп} / \Sigma П$	$k_{отв} = 1$	0,17
Ресурсоемкость/ Resource intensity	k_p	$k_p = P / \Sigma P_{вых}$	$k_p < 1$	0,68
Регулируемость/ Adjustable	$k_{рег}$	$k_{рег} = \Sigma P_{рег} / \Sigma P_{кп}$	$k_{рег} \geq 1$	7,0
Показатель риска / Risk indicator	K_r	$k_{risk} = \Sigma Risk / \Sigma P_{экз}$	$K_r = 0$	$K_r = 0$

Включение дополнительных процессов в измененную схему позволило рационально использовать ресурсы за счет возможности переработки части продукции, которая раньше утилизировалась, и повысить контролируемость процессов. Эффективность использования ресурсов улучшилась, о чем свидетельствует уменьшение коэффициента ресурсоемкости на 10,3 %. Показатель процессности уменьшился на треть, что свидетельствует о снижении проблемности анализируемого процесса. Реорганизованный бизнес-процесс характеризуется также высоким показателем регулируемости.

Выводы. В результате выполненного функционального моделирования разработанная модель бизнес-процесса – «Контроль качества готовой микробиологической продукции для животных». Была проведена оценка разработанной модели бизнес-процессов путем расчета показателей эффективности. В результате удалось установить слабые стороны представленной модели и принять меры к их устранению.

Успешно проведенная апробация модели, непосредственно на производстве ООО «БИОТРОФ», показала целесообразность проведенной работы. Данная информационная поддержка позволила повысить качество выпускаемой продукции, что положительно повлияло на расширение перспективного рынка сбыта. Информационная поддержка предприятий при импортозамещении является актуальной задачей для бизнеса [5].

Полученная в конечном результате схема процесса может служить предметом для дальнейшего обсуждения и анализа при включении в нее внешних факторов и изменении среды производства.

Библиографический список

1. Будаев А. А. Эффективность двухштаммового консерванта «Биотроф 2+» при заготовке кукурузного силоса // Кормопроизводство. 2018. №7. С. 31-32.
2. Ветис - государственная информационная система в области ветеринарии. Электронная ветеринарная сертификация. Информационный портал [Электронный источник]. Режим доступа: <http://help.vetrif.ru/wiki/> (дата обращения: 08.02.2020).

3. Горбунова А. О., Щеглов В. Ю. Влияние санкций на продовольственную безопасность России // Экономические отношения. 2018. Том 8. № 3. С. 381-388. DOI: 10.18334/eo.8.3.39248.
4. Дубинина Н. А. Показатели оценки бизнес-процессов предприятия // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». 2016. № 2(29). С. 179-191. DOI: 10.17072/1994-9960-2016-2-179-191.
5. Кочеткова О. В., Поликарпова Е. А. Моделирование процессов информационной поддержки импортозамещения // Фундаментальные исследования. 2018. № 8. С. 73-78.
6. Применение нового пробиотика в комбикормах для цыплят-бройлеров / И. А. Егоров [и др.] // Птицеводство. 2017. №09. С. 13-16.
7. Разработка и реорганизация процессов переработки нута для создания пищевых и кормовых продуктов / А. А. Мартынов, О. В. Кочеткова, В. В. Шкаленко, В. И. Водяников // Известия НВ АУК. 2020. № 1(57). С. 228-239. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-23.
8. Федорова О. В., Мамаева А. А., Якунина Е. А. Применение методологий SADT и ARIS для моделирования и управления бизнес- процессами информационных систем // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 105-109. DOI:10.20914/2310-1202-2018-1-105-109.
9. Экономическая безопасность России и Евразийского экономического союза в условиях санкций / Е. В. Дробот, Г. К. Гудович, И. Н. Макаров, В. С. Бахмутская // Экономические отношения. 2019. Том 9. № 3. С. 1671-1682. DOI: 10.18334/eo.9.3.41004.
10. Ancillamercy A. Waste Management System. Emerging Trends in Computing and Expert Technology. COMET 2019 // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. Springer, Cham. 2020. Vol. 35. DOI: 10.1007/978-3-030-32150-5_32.
11. Antonov A, Ivanov G, Pastukhova N. The Poultry Waste Management System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 272. DOI:10.1088/1755-1315/272/2/022050.
12. Bravi L., Murmura F., Santos G. The ISO 9001:2015 Quality Management System Standard: Companies' Drivers, Benefits and Barriers to Its Implementation // Quality Innovation Prosperity. 2019. № 23(2). P. 64-82. DOI: 10.12776/qip.v23i2.1277.
13. Feed Animal Feed Additives / P. K. Singh, K. Chandramoni, K. Kumar, S. Kumar // New India Publishing Agency, New Delhi, India, 2015. 47 p.
14. Waszkowski R. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. № 400. 062031 DOI: 10.1088/1757-899X/400/6/062031.

Conclusions. As a result of the functional modeling, a business process model was developed - "Quality control of finished microbiological products for animals". The developed business process model was assessed by calculating performance indicators. As a result, it was possible to establish the weaknesses of the presented model and take measures to eliminate them. Successful testing of the model, directly at the production of BIOTROF Ltd, showed the feasibility of the work. This informational support allowed to improve the quality of products, which positively influenced the expansion of a promising sales market. Information support of enterprises during import substitution is an urgent task for business [5]. The process diagram obtained in the final result can serve as a subject for further discussion and analysis when external factors are included in it and the production environment changes.

Author Information

Brazhnik Evgenii Aleksandrovich, graduate student of the department «Feeding and breeding of agricultural animals» Federal State Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), quality controller of BIOTROF Ltd (196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8. lit. A, 7-N). E-mail: bea@biotrof.ru, tel.: +7 (812) 322-85-50

Melikidi Veronika Hristoforovna, graduate student of the department «Feeding and breeding of agricultural animals» Federal State Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), biotechnologist of BIOTROF Ltd (196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8. lit. A, 7-N). E-mail: veronika@biotrof.ru, tel.: +7 (812) 322-85-50

Laptev Georgii Yurevich, Doctor of Biological Science, professor of the department «Feeding and breeding of agricultural animals» Federal State Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Director of BIOTROF Ltd (196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8. lit. A, 7-N).

E-mail: laptev@biotrof.ru

Kochetkova Olga Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, professor of the department “Information Systems and Technologists” Federal State Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26). E-mail: ovk555@bk.ru, tel.: +7 (8442) 41-30-94

Ar'kov Dmitrii Petrovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department, of “Information Systems and Technologists” Federal State Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), тел.: +7 (8442) 41-24-42. E-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru

Информация об авторах

Бражник Евгений Александрович, аспирант кафедры «Кормление и разведение с.-х. животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), контролер по качеству ООО “БИОТРОФ” (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д 8. лит. А пом. 7-Н), тел.: +7(812) 322-85-50.

E-mail: bea@biotrof.ru

Меликиди Вероника Христофоровна, аспирант кафедры «Кормление и разведение с.-х. животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), биотехнолог ООО “БИОТРОФ” (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д 8. лит. А пом. 7-Н), тел.: +7(812) 322-85-50.

E-mail: veronika@biotrof.ru

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, профессор кафедры «Кормление и разведение с.-х. животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), директор ООО “БИОТРОФ” (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д 8. лит. А пом. 7-Н), тел.: +7(812) 322-85-50. E-mail: laptev@biotrof.ru

Кочеткова Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел.: +7 (8442) 41-30-94. E-mail: ovk555@bk.ru

Арьков Дмитрий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел.: +7 (8442) 41-24-42.

E-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-30

TECHNOLOGICAL FUNCTIONS OF A TECHNICAL SYSTEM FOR REGULATING THE HYDROTHERMAL REGIME OF AGROPHYTOCENOSIS AND INTEGRATED CROP PROTECTION FROM CLIMATIC RISKS

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. Kostyakova»*

Received 17.12.2019

Submitted 25.05.2020

Summary

The technological functions of a hypothetical technical system for the integrated regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis and the protection of crops from climatic risks based on irrigation and drainage are considered. Functions are formalized in mathematical form, criteria and optimization parameters are indicated.

Abstract

Introduction. The creation of new technical systems in the field of irrigation and drainage with expanded functionality for the integrated regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis and the protection of crops from climatic risks is an urgent task of modern reclamation science. The potential of new technologies based on the use of the capabilities of such technical systems is determined by the expanded tools for the integrated regulation of life factors, optimization of the hydrothermal regime, compensation of the harmful effects of frost, air droughts, and a number of other meteorological phenomena critical for crops. The purpose of this study at this stage is to develop a system and formalize the functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis. **Object.** The object of research is a technical system that provides the ability to comprehensively control the hydrothermal regime of agrophytocenosis and the protection of crops from climatic risks. **Materials and methods.** The considered set of technological functions involves the regulation of various aspects and factors of plant life in a natural agrometeorological environment. The description of the functions is carried out on the basis of those considerations that the operation of the regulator at some given moment in time is realized in a specific environment with the generated heat transfer parameters. Heat transfer in such an idealized environmental environment between the system components under consideration can be considered established. Consequently, the action of the regulator can be considered a disturbing moment, which simultaneously changes the energy of the system exactly by the value introduced into it. This approach allows us not to consider the whole variety of mass and heat transfer processes formed relative to the agrophytocenosis system, but to determine the technological function by the energy demand (consumed or diverted) necessary to achieve any target indicators. **Results and conclusions.** The concept of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and the integrated protection of crops from climatic risks involves the implementation of a number of regulators, which can and should be considered as its technological functions. Such functions are: regulation of the water regime of the soil; regulation of the temperature regime of the soil, including compensation for excessive temperature stress and protection against critical temperature drops during frosts; temperature control of vegetative organs, both in the case of optimization of the thermal regime, and in the case of protecting plants from frost; microclimate control of crops. Functions, as a rule, have a complex implementation, with simultaneous regulation of several parameters of the hydrothermal regime of agrophytocenosis at once. Studies have proposed a formalized description of the above technological functions; functions are given in mathematical form, criteria and optimization parameters are indicated. The function of regulating the water regime of the soil is considered as a classic task of irrigation and drainage technologies, the essence of which is to create biologically sound conditions for the water supply of agricultural plants by means of a directed change in the soil moisture content. The function of controlling the temperature of the soil has two areas of determination, in terms of warming the root layer and compensating for excessive temperature tension. The function of regulating the temperature of vegeta-

tive organs involves compensating for the temperature stress of plants with an ambient temperature that is obviously greater than the biologically justified range, or critical temperature drops (frosts) due to the transfer of heat from drip-sprayed moisture. The control of the microclimate of the sowing involves the implementation of two more functions of the technical system, the functions of regulating air temperature and the functions of regulating air humidity in the sowing environment. The functions are formalized taking into account the well-known laws of heat and mass transfer, considered in relation to crops of crops. The use of functions in a formalized form allows you to specify, including at a quantitative level, the requirements for the technical system, designs, priorities for the combination of various technologies.

Key words: *hydrothermal mode, technical system, technological functions, formalized description of regulators.*

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N. Technological functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and integrated crop protection from climatic risks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 307-319 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-30.

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. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.67:581.55

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АГРОФИТОЦЕНОЗА И КОМПЛЕКСНОЙ ПРОТЕКЦИИ ПОСЕВОВ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ

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

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Создание новых технических систем в области гидромелиорации с расширенным функционалом для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и протекции посевов от климатических рисков является актуальной задачей современной мелиоративной науки. Потенциал новых технологий, базирующихся на использовании возможностей таких технических систем, определяется расширенным инструментарием комплексного регулирования факторов жизни, оптимизации гидротермического режима, компенсации губительного влияния заморозков, воздушных засух и ряда других, критических для сельскохозяйственных культур, метеорологических явлений. Целью настоящего исследования на данном этапе является разработка системы и формализации функций технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза. **Объект.** Объектом исследований является техническая система, обеспечивающая возможность комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и протекции посевов от климатических рисков. **Материалы и методы.** Рассматриваемая совокупность технологических функций предполагает регулирование различных аспектов и факторов жизни растений в естественном агрометеорологическом окружении. Описание функций выполняется исходя из тех соображений, что работа регулятора на какой-то заданный момент времени реализуется в определенном средовом окружении со сформированными параметрами теплообмена. Теплообмен в таком идеализированном средовом окружении между рассматриваемыми компонентами системы можно считать устоявшимся. Следовательно, действие регулятора можно считать возмущающим моментом, одновременно изменяющим энергию системы ровно на привносимую в нее величину. Такой подход позволяет не рассматривать все многообразие процессов массо- и теплообмена формирующихся относительно системы агрофитоценоза, но определять технологическую функцию потребностью в энергии (потребляемой или отводимой), необходимой для достижения

каких-либо целевых показателей. **Результаты и выводы.** Концепт технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков предполагает реализацию целого ряда регуляторов, которые можно и следует рассматривать в качестве ее технологических функций. Такими функциями являются регулирование водного режима почвы; регулирование температурного режима почвы, в том числе – компенсация избыточной температурной напряженности и защита от критических понижений температуры при заморозках; регулирование температуры вегетативных органов как в случае оптимизации теплового режима, так и в случае защиты растений от заморозков; регулирование микроклимата посева. Функции, как правило, имеют комплексную реализацию с одновременным регулированием сразу нескольких параметров гидротермического режима агрофитоценоза. Исследованиями предложено формализованное описание обозначенных выше технологических функций; функции заданы в математической форме, обозначены критерии и параметры оптимизации. Функция регулирования водного режима почвы рассматривается как классическая задача гидромелиоративных технологий, сущность которой заключается в создании биологически обоснованных условий водного питания сельскохозяйственных растений путем направленного изменения содержания почвенной влаги. Функция регулирования температуры почвы имеет две области определения, – в плане утепления корнеобитаемого слоя и компенсации избыточной температурной напряженности. Функция регулирования температуры вегетативных органов предполагает компенсацию температурного стресса растений с температурой окружающей среды заведомо больше биологически обоснованного диапазона, либо критических понижений температуры (заморозков) за счет передачи тепла капельно-распыляемой влаги. Управление микроклиматом посева предполагает реализацию еще двух функций технической системы: функции регулирования температуры воздуха и функции регулирования влажности воздуха в среде посева. Функции формализованы с учетом известных законов тепло- и массообмена, рассматриваемых применительно к посевам сельскохозяйственных культур. Использование функций в формализованном виде позволяет конкретизировать, в том числе на количественном уровне, требования к технической системе, конструкциям, приоритетам по комбинации различных технологий.

Ключевые слова: гидротермические режимы агрофитоценозов, регулирование гидротермических режимов, защита посевов, климатические риски.

Цитирование. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 307-319. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-30.

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. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из перспективных современных трендов развития гидромелиоративных технологий является расширение функциональности технических систем, на основе которых эти технологии реализуются. Гидротехнические мелиорации остаются одними из наиболее ресурсоемких технологических комплексов, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур. Гидромелиоративные технологии требуют капитального обустройства территории, включая планирование участков, создание водопроводящей сети и системы гидротехнических сооружений, материалоемких технических комплексов, работающих непосредственно на мелиорированных участках разветвленной системы мониторинга и управления и т.д. Однако высокая «цена» гидромелиоративных технологий в полной мере окупается возможностью повышения (до 5 и более раз в сельскохозяйственных зонах с неблагоприятными агроклиматическими условиями) продуктивности сельскохозяйственных культур, обеспечением гарантированного урожая и продовольственной безопасности регионов [3, 5, 6, 10, 12, 13, 14]. Современные гидромелиоративные

технологии уже многое «умеют» и, помимо основной технологической функции, регулирования водного режима почвы, используются для проведения подкормок минеральными удобрениями, химических прополок. В системе интегрированной защиты растений от болезней и вредителей предложены способы компенсации избыточной температурной напряженности в среде растений, а также утепления почв и грунтов под сельскохозяйственными посевами [2, 4, 8, 11, 15]. Часто эти технологии имеют различную техническую реализацию [1, 9]. Сегодня задача состоит в создании единого технического концепта, обеспечивающего на базе гидромелиоративных технологий комплексную реализацию самых разных технологических функций. Целью настоящего исследования является разработка системы и формализация функций технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов сельскохозяйственных культур от климатических рисков.

Материалы и методы. Управление гидротермическим режимом агрофитоценоза рассматривается как совокупность технологий и технических средств, способных оказывать существенное, физически обоснованное влияние на водное состояние растений и микроклимат посева [1, 7, 11, 15]. Агрофитоценоз как искусственно организованное сообщество растений преимущественно культурного происхождения является составной частью более высокоуровневых систем. Техническая система как фактор формирования гидротермического режима агрофитоценоза является функциональным компонентом одной из таких высокоуровневых систем. Конструктивный концепт для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в этом плане должен органично встраиваться в эту биотехническую систему; это требование является одним из основополагающих для создания единого концепта.

Концепт технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков определяется заданием совокупности ключевых характеристических параметров, в первую очередь качественного плана. Одной из таких важнейших характеристик технической системы является совокупность технологических функций, выполнение которых должно быть присуще системе на уровне регулятора. При этом рассматриваемая совокупность технологических функций предполагает регулирование различных аспектов и факторов жизни растений в естественном агрометеорологическом окружении.

Описание функций выполняется исходя из тех соображений, что работа регулятора на какой-то заданный момент времени реализуется в определенном средовом окружении со сформированными параметрами теплообмена. Параметры эти, безусловно, не постоянны, но для конкретной метеорологической ситуации имеют относительно узкий диапазон определений, который в приближении может характеризоваться средним значением. Рассматриваемая «метеорологическая ситуация» характеризуется продолжительностью, заведомо большей (или как минимум – не меньшей) продолжительности технологического цикла регулятора. Теплообмен в таком идеализированном средовом окружении между рассматриваемыми компонентами системы можно считать устоявшимся. А, следовательно, действие регулятора можно считать возмущающим моментом, единовременно изменяющим энергию системы ровно на величину привносимой энергии. В последующем система стремится вернуться к исходному состоянию, обусловленному сформированными параметрами средового окружения. Время между пиком возмущающего действия регулятора и вернувшейся к исходному состоянию системы определяет продолжительность совокупного действия регулятора. Такой подход позволяет не рассматривать все многообразие процессов массо- и теплообмена формирующихся относительно системы агрофитоценоза, но определять технологическую функцию потребностью в энергии (потребляемой или отводимой), необходимой для достижения каких-либо целевых показателей.

Результаты и обсуждение. Концепт технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков предполагает реализацию целого ряда регуляторов, которые можно рассматривать в качестве ее технологических функций. Для осуществления поставленных задач при использовании в качестве основного регуляторного инструмента оросительной воды техническая система должна обеспечивать:

- регулирование водного режима почвы;
- регулирование температурного режима почвы. Предполагается технологическая реализуемость как снижения температуры почвы, так и ее повышения в период длительных заморозков или критических для биологии возделываемой культуры понижений температуры;
- регулирование температуры вегетативных органов. В рамках этого направления также решаются две, концептуально отличающиеся задачи: компенсация избыточной температурной напряженности и протекция климатических рисков в период заморозков;
- регулирование температуры воздуха как важнейшей составляющей микроклимата посева;
- регулирование относительной влажности воздуха в среде посева.

В ряде случаев функции эти реализуются одновременно при использовании одного из способов подачи воды на мелиорируемый участок. Некоторые из функций являются аспектами (сторонами) одного физического процесса. Например, в результате испарения капель воды с поверхности вегетативных органов осуществляется отвод тепла в контактной зоне, и одновременно задействуются регуляторы микроклимата, температуры и влажности воздуха в среде посева. Как в этом случае действует тот или иной регулятор, насколько он перекрывает технологические требования и, собственно, каковы эти требования, можно спрогнозировать лишь на основе формализации технологических функций. Рассмотрим возможности формализованного описания каждой из обозначенных выше технологических функций.

Регулирование водного режима почвы является одной из классических функций гидротехнических мелиораций, заключающейся в создании биологически обоснованных условий водного питания сельскохозяйственных растений путем направленного изменения содержания почвенной влаги. Функция для мелиорированных земель с автоморфным типом почвообразования имеет следующее выражение:

$$F(W_{SR}) = (W_{MS} + \Delta W_R) \in W_{b.min} < W_{SR} < W_{b.max}, \quad (1)$$

где $F(W_{SR})$ – функция регулятора технической системы применительно к водному режиму почвы под посевами сельскохозяйственной культуры, W_{MS} – метеорологически обеспеченная почвенная влага, мм; ΔW_R – объем влаги, поставляемый регулятором (технической системой), мм; $W_{b.min}$ – видоспецифичный минимум биологически обоснованного диапазона содержания почвенной влаги, мм; $W_{b.max}$ – видоспецифичный максимум биологически обоснованного диапазона содержания почвенной влаги, мм.

Отсюда:

$$\Delta W_R = W_{SR} \in (W_{b.min} < W_{SR} < W_{b.max}) - W_{MS},$$

или

$$\Delta W_R = (W_{b.max} - W_{b.min}) - W_{MS}.$$

Задача регуляторной функции технической системы в этом случае заключается в создании благоприятного водного режима почвы, когда содержание почвенной влаги не выходит за пределы биологически обоснованного диапазона.

Другой важной технологической функцией технической системы является регулирование температуры почвы. Функция определяется на двух отрезках с технологически различающейся реализацией. При этом в первом случае предполагается утепление корнеобитаемого слоя почвогрунта за счет проведения поливов водой, температура которой в определенной степени выше биологического минимума температуры для корневой системы сельскохозяйственных культур. На данном отрезке функция определяется следующим:

$$F(\Delta T_S) = \frac{\Delta q_S}{C_S \cdot V_S}, \quad (2)$$

$$\Delta q_S = \Delta q_W = (T_W - T_{S.trg.}) \cdot C_W \cdot V_W,$$

$$V_W \leq V_S \cdot (\beta_{V.nb} - \beta_{V.i}), T_W < T_{W.max},$$

где $F(\Delta T_S)$ – функция регулятора технической системы применительно к температурному режиму почвы в зоне размещения корней сельскохозяйственной культуры, ΔT_S – требуемая величина прогрева почвы, 0С; Δq_S – количество теплоты, необходимое для прогрева заданного объема почвы на величину ΔT_S , Дж; C_S – средняя для расчетного слоя объемная теплоемкость почвы, определяемая с учетом содержания почвенной влаги, Дж/м³·0С; V_S – расчетный объем почвы, для которого требуется проведение тепловых мелиораций, м³/га; T_W – расчетная технологическая температура воды, используемой для проведения тепловых мелиораций, 0С; $T_{S.trg.}$ – целевая, агробиологически обоснованная температура почвы, для приведения к которой проводятся тепловые мелиорации, 0С; C_W – объемная теплоемкость воды, Дж/м³·0С; V_W – технологический объем воды, используемой для проведения тепловых мелиораций, м³/га; $\beta_{V.nb}$ – объемное содержание влаги в почве в состоянии наименьшей влагоемкости, %; $\beta_{V.i}$ – текущее фактическое значение объемной влажности почвы, %; $T_{W.max}$ – биологически обоснованное, пороговое значение технологической температуры воды, используемой для проведения тепловых мелиораций, 0С.

Приведенная система уравнений определяет, собственно, технологическую функцию, позволяет количественно оценить параметры ее реализации, определяет совокупность ограничений, в рамках которых выполняется эта функция. Одним из основных положений, используемых при математическом описании функции, является равенство по количеству теплоты, требуемого для повышения температуры расчетного объема почвы на заданную величину и поставляемого теплоносителем, – оросительной водой. Приравнование этих величин позволяет оценить все технологические параметры, в том числе такие, как потребный объем теплоносителя и его температуры. Температура почвы и почвенного раствора возрастает при инфильтрации теплой воды с поверхности к корнеобитаемому слою почвы. При этом целесообразно, чтобы функция выполнялась вкуче и не в ущерб основной технологической функции – регулирования водного режима почвы. Отсюда ограничение по объему воды, используемой для проведения тепловых мелиораций. Другое ограничение определяет предельную температуру теплоносителя, оросительной воды, используемой для проведения тепловых мелиораций.

Во втором случае функция предполагает компенсацию температурной напряженности почвы при ее подъеме выше максимума биологически обоснованного диапазона температур. Температура воды при этом должна быть ниже этого, биологически обоснованного, максимума, но в случае проведения объемных поливов (с активной инфильтрацией в границах корнеобитаемого слоя почвы), – еще и выше минимума биологически обоснованного диапазона температур почвы:

$$F(-\Delta T_S) = \frac{-\Delta q_S}{C_S \cdot V_S}, \quad (3)$$

$$-\Delta q_S = -\Delta q_W = (T_W - T_{S.trg.}) \cdot C_W \cdot V_W,$$

$$V_W \leq V_S \cdot (\beta_{V.HB} - \beta_{V.i}),$$

$$T_{W.min} < T_W < T_{W.max},$$

где $T_{W.min}$ – биологически обоснованный, нижний порог технологической температуры воды, используемой для проведения тепловых мелиораций, 0С.

Последнее требование снимается при реализации технологии в формате освежительных поливов, предполагающих смачивание только поверхности почвы, без инфильтрации влаги в корнеобитаемый горизонт. В этом случае поливы водой с температурой ниже биологически обоснованного минимума более эффективно снижают температуру почвы, однако отрицательного влияния на корневую систему растений не оказывают: $T_W < T_{W.min}$. Технология предполагает существенное ограничение по объему теплоносителя, из расчета увлажнения поверхности почвы не более чем на 0,01-0,03 м ($V_{S/га} \cong 10 \div 30$ м³/га).

Еще одной функцией технической системы, реализуемой в рамках разрабатываемого концепта, является регулирование температуры вегетативных органов растений. Технология реализуется, преимущественно, посредством распыления капельно-жидкостной влаги на поверхность вегетативных органов растений, в первую очередь, – листьев. Как и в предыдущем случае, технологическая функция имеет два вектора определения. Первый предполагает компенсацию температурного стресса растений с температурой окружающей среды заведомо больше биологически обоснованного (физиологически оптимального) диапазона. Функция в этом случае предполагает отвод тепла от вегетативных органов растений посредством теплообмена листьев с капельной влагой и последующего испарения последней с поглощением теплоты фазового перехода.

$$F(-\Delta T_v) = \frac{-\Delta q_v}{C_v \cdot V_v}, -\Delta T_v > T_{v.max} - T_{v.actual} \quad (4)$$

$$-\Delta q_v = -\Delta q_{dm} = -q'_{ph.t} \cdot \Delta t \pm q'_{cht} \cdot \Delta t,$$

$$-q_{ph.t} = -e \cdot r, e = \frac{\Delta V_W}{\Delta t \cdot r_a}, \Delta V_W \leq f(\max_{dm \in S_v} V_W),$$

где $-\Delta T_v$ – изменение температуры вегетативных органов растений в результате отвода тепла посредством испарения капельно-жидкостных форм распыленной влаги, 0С; $-\Delta q_v$ – количество теплоты, отводимое от вегетативных органов растений посредством испарения капельно-жидкостных форм распыленной влаги в пересчете на гектар посевной площади, Дж/га; C_v – средняя объемная теплоемкость вегетативных органов, Дж/м³·0С; V_v – суммарный объем вегетативных органов растений, на регулирование температуры которых направлена технология, м³/га; $T_{v.max}$ – верхняя граница биологически обоснованного диапазона температур вегетативных органов растений, 0С; $T_{v.actual}$ – актуальная (действительная) температура вегетативных органов, 0С; $-\Delta q_{dm}$ – количество теплоты, теряемое в суммарном объеме капельной влаги в результате тепло-массообменных процессов с окружающей газовой средой, Дж/га; $-q'_{ph.t}$ – поток тепла, формируемый в процессе испарения капельно-жидкостных форм влаги (тепломассоперенос, направлен от жидкости в сторону газовой среды), Дж/га·с; q'_{cht} – поток тепла, формируемый в результате контактного теплообмена между газовой средой и капельно-жидкостными формами влаги, Дж/га·с; e – динамика испарения капельно-жидкостных форм влаги с поверхности вегетативных органов растений, м³/га·с; r – теплота фазового перехода воды (парообразования), Дж/кг; ΔV_W – суммарный объем капельно-жидкостных форм влаги на гектаре посевной площади, м³/га; Δt – суммарная продолжительность периода испарения капельной влаги с поверхности вегетативных органов растений, с; функция $f(\max_{dm \in S_v} V_W)$ характеризует ограничение объема капельной влаги условиями удержания на поверхности вегетативных органов растений без скатывания.

Результатом регуляторной функции технической системы является снижение температуры вегетативных органов растений ($-\Delta T_v$). Предполагается, что отвод тепла $-\Delta q_v$ от вегетативных органов растений равен потерям тепла в суммарном объеме капельной влаги в результате тепло-массообменных процессов с окружающей газовой средой ($-\Delta q_{dm}$). В свою очередь, потери тепла в суммарном объеме капельной влаги являются результирующим двух процессов: потока тепла, формируемого в процессе испарения капельно-жидкостных форм влаги, и контактным теплообменом между газовой средой и капельной влагой на поверхности вегетативных органов. При этом если поток тепла в результате испарения капельной влаги всегда направлен от жидкости к газовой среде, то контактный теплообмен определяется разницей температур между средами. Функция имеет также технологическое ограничение объема разово распыляемой капельной влаги условиями удержания на поверхности вегетативных органов растений без скатывания.

Второй вектор функции предполагает компенсацию критических (с точки зрения биологии культуры) понижений температуры (заморозков) за счет передачи тепла капельно-распыляемой влаги растениям:

$$F(\Delta T_v) = \frac{\Delta q_v}{C_v \cdot V_v}, \Delta T_v > T_{v.min} - T_{v.actual}, \quad (5)$$

$$\Delta q_v = \Delta q_{dm} = V_{dm} \cdot C_w + k_{snow} \cdot V_{dm} \cdot \rho \cdot r_{snow},$$

$$V_{w.snow} \cdot r_{snow} \rightarrow 0,$$

где $T_{v.min}$ – допустимое с точки зрения биологии культуры снижение температуры вегетативных органов, 0С; V_{dm} – суммарный объем капельной влаги, распыляемой в течение одного технологического цикла, м³/га, C_w – объемная теплоемкость воды, Дж/м³·0С, k_{snow} – коэффициент, характеризующий долю кристаллизовавшейся влаги, ρ – плотность воды ($\approx 1,0$), r_{snow} – теплота фазового перехода воды при образовании снега, Дж/кг.

Функция на данном отрезке определения предполагает повышение температуры вегетативных органов и поддержание ее не ниже биологически допустимого минимального уровня. Ограничений по объему разово распыляемой влаги в этом случае не устанавливается, однако средний размер капель должен быть не меньше 0,4 мм. Функция предполагает минимизацию образования кристаллических форм влаги. Соображения здесь следующие. Кристаллизация влаги относительно вегетативных органов растений предполагает возможность формирования льда на их поверхности. Теплопроводность льда выше воздуха, что усиливает отвод тепла от растения в фазу восстановления заморозковых температур. Вероятность гибели растений при этом существенно возрастает.

Следующей технологической функцией технической системы является регулирование температуры воздуха в среде посева. Регулирование температуры воздуха в среде посева в плане технологии нельзя разделить с регулированием температуры вегетативных органов растений. Осуществляемая посредством распыления капельно-жидкостных форм влаги, технология имеет одну физическую природу для обеих функций регулятора. Воздушная среда посева оказывает самое непосредственное влияние на температуру вегетативных органов растений, процессы ее саморегуляции и эффективность действия регулятора. В свою очередь, процессы транспирации и испарения капельно-жидкостных форм влаги оказывают существенное влияние на формирование микроклимата, а теплообмен между окружающей растения средой и вегетативными органами всегда носит двусторонний характер. Вместе с тем реализация функции регулирования температуры воздуха в среде посева может иметь свои целевые значения, а следовательно, и сама функция должна быть задана отдельно. В зависимости от направления вектора функции, регулятор предполагает либо поглощение тепловой

энергии при фазовом переходе капельно-жидкостных форм влаги в газообразную, либо передачу тепловой энергии капельной влаги в окружающую среду с возможным (но необязательным и даже нежелательным) переходом жидкостной формы в кристаллическую. В первом случае функция определяется следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} F(-\Delta T_{\text{air}}) &= \frac{-\Delta q_{\text{air}}}{C_{\text{air}} \cdot V_{\text{air.cr}}}, \Delta T_{\text{air}} > |T_{\text{air.max}} - T_{\text{air.actual}}|, \\ -\Delta q_{\text{air}} &= -\Delta q_{\text{abm}} - \Delta q_{\text{cht}} \mp \Delta q_v \mp \Delta q_s, \quad -\Delta q_{\text{cht}} = -q'_{\text{cht}} \cdot \Delta t \\ -\Delta q_{\text{abm}} &= -q'_{\text{abm}} \cdot \Delta t, \quad -q'_{\text{abm}} = -e_{\text{abm}} \cdot r, \quad e_{\text{abm}} = f(V_{\text{abm}}; \sum R); \\ V_{\text{abm.(i)}} &= V_{\text{abm.(i-1)}} - e_{\text{abm}} \cdot \Delta t_i, \end{aligned} \quad (6)$$

где $-\Delta T_{\text{air}}$ – изменение температуры воздуха в среде посева, $^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{air.max}}$ – верхний уровень оптимальной биологически обоснованной температуры воздуха окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{air.actual}}$ – актуальная температура воздуха в среде посева, $^{\circ}\text{C}$, $-\Delta q_{\text{air}}$ – изменение количества тепловой энергии воздуха в результате испарения воздушно-капельных форм влаги, а также контактного теплообмена газовой среды с капельной влагой, удерживаемой вегетативными органами растений, Дж/га, C_{air} – объемная теплоемкость воздуха, определяемая с учетом содержания парообразной влаги, Дж/м³· $^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{air.cr}}$ – объем приземного слоя атмосферы в границах растительного покрова посева, м³/га, $-\Delta q_{\text{abm}}$ – поглощение тепловой энергии воздуха в результате фазового перехода (испарения) воздушно-капельной влаги в объеме $V_{\text{air.cr}}$, Дж/га, $-\Delta q_{\text{cht}}$ – изменение тепловой энергии воздуха в результате контактного теплообмена газа и капельно-жидкостных форм влаги, Дж/га, $\Delta q_v, \Delta q_s$ – компоненты уравнения, характеризующие теплообмен между воздухом в среде посева и вегетативными органами растений, а также поверхностью почвы, Дж/га, q'_{abm} – поток теплоты в результате поглощения тепловой энергии при фазовом переходе воздушно-капельной влаги, Дж/с·га, e_{abm} – динамика испарения воздушно-капельных форм влаги в объеме $V_{\text{air.cr}}$, м³/га·с, V_{abm} – совокупный объем капельно-жидкостных форм влаги в среде посева, в том числе на расчетный момент времени i ($V_{\text{abm.(i)}}$) и $i-1$ ($V_{\text{abm.(i-1)}}$), $\sum R$ – сумма внешних факторов, определяющих динамику испарения капельных форм влаги в среде посева, Δt_i – продолжительность шага квантования процесса, с.

Таким образом, отвод тепла регулятором технической системы осуществляется за счет поглощения теплоты фазового периода при испарении воздушно-капельной влаги в регулируемом объеме приземного слоя воздуха, и контактной передачи тепла атмосферы мелкокапельной влаге, осуществляемой вплоть до выравнивания температур этих сред. Важно учитывать динамическую составляющую процессов, определяющих изменение температуры воздуха в среде посева. Основная часть тепла поглощается во время нахождения капельной жидкости в том слое приземного воздуха, температура которого регулируется. А это время практически соответствует продолжительности периода подачи дождя на участок. После этого отвод тепла и компенсация температурного режима воздуха в среде посева осуществляется посредством теплообмена с капельной влагой, удерживаемой на поверхности вегетативных органов. В результате регулятор имеет короткую, но мощную по динамике отвода тепла фазу и пролонгированную фазу с существенно сниженными возможностями регулирования температурного режима.

При описании обратного процесса, предполагающего передачу тепловой энергии капельной влаги в окружающую среду, используется та же система уравнений. Единственное отличие состоит в изменении знака направленности реализуемых процессов и функции регулятора:

$$F(\Delta T_{\text{air}}) = \frac{\Delta q_{\text{air}}}{C_{\text{air}} \cdot V_{\text{air.cr}}}, \Delta T_{\text{air}} > |T_{\text{air.min}} - T_{\text{air.actual}}|, \quad (7)$$

где $T_{\text{air.min}}$ – нижняя граница оптимального диапазона биологически обоснованной температуры воздуха окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$.

Еще одной важной функцией технической системы в рамках разрабатываемого концепта является регулирование относительной влажности воздуха в среде посева. Это массообменная функция, предполагающая образование и диффузию парообразной влаги в приземный слой атмосферы. Причем интересующая нас часть этого слоя ограничена объемом, занимаемым на данный момент растительным покровом. В плане динамики парообразной влаги для этого слоя имеют значения процессы влагообмена между воздушной средой посева с почвой и вегетативными органами растений, а также с вышерасположенными слоями атмосферы. Функция технической системы относительно регулирования влажности воздуха в среде посева может быть задана следующим образом:

$$F(\Delta\varphi) = \frac{\Delta W_{m.e} \cdot R \cdot T}{P_{SS} \cdot V \cdot M_W}, \varphi_{\max} - \varphi_a < \Delta\varphi_{V.cr} > \varphi_{\min} - \varphi_a, \quad (8)$$

$$\frac{dW_{\rightarrow V.cr}}{dt} = K \cdot (P_{SS_{T_1}} - \varphi_{V.cr} \cdot P_{SS_{T_1}}) \cdot S_1,$$

$$\frac{dW_{V.cr \rightarrow}}{dt} = \beta \cdot (\varphi_{V.cr} \cdot P_{SS_{T_1}} - \varphi_{mh} \cdot P_{SS_{T_2}}) \cdot S_2,$$

$$K \cdot (P_{SS_{T_1}} - \varphi_{V.cr} \cdot P_{SS_{T_1}}) \cdot S_1 = \beta \cdot (\varphi_{V.cr} \cdot P_{SS_{T_1}} - \varphi_{mh} \cdot P_{SS_{T_2}}) \cdot S_2,$$

где $F(\Delta\varphi)$ – функция регулятора технической системы применительно к относительной влажности воздуха в среде посева; $\Delta\varphi_{V.cr}$ – объем потребного регулирования – изменения относительной влажности воздуха в объеме, занимаемым посевом, %; $\Delta W_{m.e}$ – количество влаги (в массовом выражении), необходимое для повышения влажности воздуха в среде посева на величину $\Delta\varphi_{V.cr}$, кг; P_{SS} – давление насыщенного пара при известной температуре газовой смеси ($T_1 \rightarrow P_{SS_{T_1}}$ и $T_2 \rightarrow P_{SS_{T_2}}$), кПа; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура газовой смеси в абсолютных единицах, ОК; V – совокупный объем газовой смеси (численно равный объему, занимаемому растительным покровом), м³; M_W – молярная масса воды, моль; φ_a – актуальная относительная влажность воздуха в среде посева, %; $\varphi_{\min}$ – минимальная, биологически обоснованная относительная влажность воздуха для культуры, %; $\varphi_{\max}$ – верхняя граница оптимального диапазона относительной влажности воздуха для культуры, %; $\frac{dW_{\rightarrow V.cr}}{dt}$ – вектор расхода испаряющейся влаги по направлению к приземному слою атмосферы в границах объема, занимаемого растительным покровом (внутренний поток), кг/с; $\frac{dW_{V.cr \rightarrow}}{dt}$ – вектор расхода парообразной влаги, суммирующий влагообменные процессы между атмосферным воздухом в среде посева и вышележащими слоями (внешний поток), кг/с; K – коэффициент пропорциональности между разностью парциальных давлений и динамикой испарения жидких форм влаги; β – коэффициент пропорциональности между разностью парциальных давлений и результирующим вектором диффузного и конвективного влагообмена на границе выделенных слоев атмосферы; $\varphi_{V.cr}$ – равновесное значение относительной влажности воздуха в среде посева, достигаемое в процессе технологического цикла работы регулятора, %; S_1 – суммарная площадь испаряющей поверхности, задействованная регулятором, м²; S_2 – площадь поверхности раздела условно выделенных слоев атмосферы, м².

Таким образом, регулятор должен обеспечивать повышение влажности воздуха в среде посева на величину, которая в сумме с актуальным уровнем относительной влажности даст значение, заведомо превышающее биологически обоснованный минимум требований культуры, но ниже верхней границы биологически обоснованного диапазона. Значение $\varphi_{V.cr}$, обозначенное при описании функции как равновесное значение относительной влажности воздуха в среде посева, достигаемое в процессе технологического цикла работы регулятора, является, как правило, и целевым. То есть значение $\varphi_{V.cr}$ задается в качестве целевой функции регулятора, а параметры технологии уже подбираются исходя из заданного целевого значения. Параметр S_1 в зависимости от используемой регулятором технологии и стадии процесса предполагает испарение с поверхности вегетативных органов растений, с поверхности воздушно-капельных форм распыляемой влаги, поверхности почвы.

Выводы. Решение комплексной задачи регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и защиты посевов от климатических рисков предполагает реализацию и осознанное управление всей совокупностью функций технической системы, включая регулирование водного режима почвы; регулирование температурного режима почвы, в том числе – компенсацию избыточной температурной напряженности и защиту от критических понижений температуры при заморозках; регулирование температуры вегетативных органов, как в случае оптимизации теплового режима, так и в случае защиты растений от заморозков; регулирование температуры воздуха как важнейшей составляющей микроклимата посева; регулирование относительной влажности воздуха в среде посева. Функции, как правило, имеют комплексную реализацию, с одновременным регулированием сразу нескольких параметров гидротермического режима агрофитоценоза. Предложенное математическое описание функций позволяет прогнозировать эти процессы сразу по всей совокупности направлений и обосновать параметры технологии гидротермического регулирования с позиций оптимальности и установленных приоритетов. Кроме того, использование функций в формализованном виде позволяет конкретизировать, в том числе на количественном уровне, требования к самой технической системе, конструкциям и способам решения поставленных задач, приоритетам по комбинации различных технологий.

Библиографический список

1. 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. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1484-1495.
2. Бородычев В. В., Щепотько Н. А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 167-175.
3. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587. DOI: 10.7868/S0032180X15030065.
4. Мелихова Е. В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 249-255.
5. Несмысленов А. П. К вопросу обоснования экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемом земледелии АПК региона // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 317-321.
6. Ольгаренко В. И., Юрченко И. Ф., Ольгаренко И. В. Применение метода Монте-Карло для моделирования рисков планируемого орошения // Научная жизнь. 2017. № 2. С. 11-19.
7. Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78. DOI: 10.28983/asj.y2020i1pp74-78.
8. 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. DOI: 10.1088/1748-9326/aa9dea.
9. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V.19. I.4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
11. 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117937.
12. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754. DOI: 10.1002/ird.2288.
13. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions – evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // Field Crops Research. 2017. V. 211. P. 48-65.

14. 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. DOI: 10.1590/S0102-053620180205.

15. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // *Science of the total environment*. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.

Conclusions. The solution of the complex task of regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and protecting crops from climatic risks involves the implementation and conscious management of the totality of the functions of the technical system, including: regulation of the water regime of the soil; regulation of the temperature regime of the soil, including compensation for excessive temperature stress and protection against critical temperature drops during frosts; temperature control of vegetative organs, both in the case of optimization of the thermal regime, and in the case of protecting plants from frost; regulation of air temperature, as the most important component of the microclimate of crops; regulation of relative air humidity in the sowing environment. Functions, as a rule, have a complex implementation, with simultaneous regulation of several parameters of the hydrothermal regime of agrophytocenosis at once. The proposed mathematical description of the functions allows predicting these processes immediately across the entire set of directions and substantiating the parameters of the hydrothermal regulation technology from the standpoint of optimality and established priorities. In addition, the use of functions in a formalized form allows you to specify, including at a quantitative level, the requirements for the technical system itself, the designs and methods for solving the tasks, and the priorities for combining various technologies.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehniko-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza v usloviyah orosheniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2019. Vol. 14. № 10 (98). P. 1484-1495. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1484-1495.
2. Borodychev V. V., Schepot'ko N. A. Voprosy kapel'nogo orosheniya i fertigacii belokochannoj kapusty v Volgogradskoj oblasti // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. № 1 (49). P. 167-175.
3. Kirejcheva L. V., Karpenko N. P. Ocenka jeffektivnosti orositel'nyh melioracij v zonal'nom ryadu pochv // *Pochvovedenie*. 2015. № 5. P. 587. DOI: 10.7868/S0032180X15030065.
4. Melihova E. V. Matematicheskoe modelirovanie solevogo rezhima pri fertigacii v pochvogruntah fraktal'noj struktury // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2017. № 2 (46). P. 249-255.
5. Nesmyslenov A. P. K voprosu obosnovaniya jekonomicheskoy jeffektivnosti tehnologij vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v oroshaemom zemledelii APK regiona // *Nauchnoe obozrenie*. 2015. № 15. P. 317-321.
6. Ol'garenko V. I., Yurchenko I. F., Ol'garenko I. V. Primenenie metoda Monte-Karlo dlya modelirovaniya riskov planiruemogo orosheniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2017. № 2. P. 11-19.
7. Solov'ev D. A., Zhuravleva L. A. Robotizirovannyj orositel'nyj kompleks "Kaskad" // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2020. № 1. P. 74-78. DOI: 10.28983/asj.y2020i1pp74-78.
8. 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. DOI: 10.1088/1748-9326/aa9dea.
9. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // *Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences*. 2016. V.19. I.4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. V. 281. P. 107824.
11. 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117937.

12. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // *Irrigation and drainage*. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754. DOI: 10.1002/ird.2288.

13. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions – evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // *Field Crops Research*. 2017. V. 211. P. 48-65.

14. 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. DOI: 10.1590/S0102-053620180205.

15. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // *Science of the total environment*. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.

Author 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: 10.32786/2071-9485-2020-02-31

THE STUDIES OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF A CIRCULAR SPRINKLER MACHINE

V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 20.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article presents research aimed at studying the hydraulic characteristics of a circular sprinkler machine. The results of research have shown that the quality of the sprinkler machine is affected not only by the correct placement of sprinkler devices, but also by the pressure.

Abstract

Introduction. During the operation of wide-grip circular sprinklers, irregular distribution of irrigation water is often observed when the water flow along the irrigation pipeline increases in proportion to the radius. The uniform distribution of the rain layer over the irrigated circle of the sprinkler machine is achieved if the specific water consumption per unit length of the machine grip increases to the cantilever part of the proportionally increasing irrigation area. **Object.** The object of research is a wide-sprinkler sprinkler of circular action. **Materials and methods.** Investigated wide sprinkler machine «DON» was mounted at the Experimental training ground of the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of Volgograd State Agrarian University. We propose a method for calcu-

lating the pressure loss along the length of the water supply belt of a circular sprinkler machine, depending on the total flow of the machine, without summing the pressure loss over the sections between the individual devices. **Results and conclusions.** When operating wide-sprinkler sprinklers, there is a special case of uneven distribution along the axis of the pipeline, and the water flow increases in proportion to the radius. The flow rate of the «DON» sprinkler apparatus increases with distance from the fixed support by increasing the nozzle inlet diameter and pressure. When picking sprinkling machines of circular action, each device is assigned a strictly defined place. Our studies have shown that the actual flow rate of the sprinkler is 25-30% higher than the calculated one at the beginning of the irrigation pipeline and lower at the end of the machine within the same range. The reason for this was the discrepancy between the pressure in the compressed section of the jet calculated. So, in the devices installed from the hydrant at a distance of 200 m from the fixed support, the pressure was 20% lower, while the water flow deviated from the standard by 35% from the standard. At the end of the irrigation pipeline, 25% of the total number of devices worked with expenses that were less than the norm. Spray machine consumption was 50.05 l / s, i.e. decreased by 15% of the standard. After the hydraulic adjustment of the sprinklers, the deviation from the standard costs in them did not exceed 12, and the total water supply increased to 56 l / s. The accuracy of the hydraulic settings of the sprinklers affects not only the flow rate of the sprinkler, but also the rain intensity.

Key words: *hydraulic characteristics, head loss, flow rate, flow rate of sprinklers, irrigation area.*

Citation. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. Studies of hydraulic characteristics of a circular sprinkler machine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 319-327 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-31.

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 631.347.4

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М. А. Денисова, ассистент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. При работе широкозахватных дождевальных машин кругового действия часто наблюдается неравномерность распределения поливной воды, когда расходы воды вдоль поливного трубопровода увеличиваются пропорционально радиусу. Равномерность распределения слоя дождя по площади орошаемого круга дождевальной машины достигается в том случае, если удельный расход воды на единицу длины захвата машины возрастает к консольной части пропорционально увеличивающейся площади полив. **Объект.** Объектом исследований является широкозахватная дождевальная машина кругового действия. **Материалы и методы.** Исследуемая широкозахватная дождевальная машина (ШДМ «ДОН») смонтирована на опытном полигоне учебно-методического центра «Горная поляна» Волгоградского ГАУ. Нами предлагается методика расчета потерь напора по длине водопроводящего пояса дождевальной машины кругового действия в зависимости от общего расхода машины, без суммирования потерь напора по участкам, между отдельными аппаратами. **Результаты и выводы.** При работе широкозахватных дождевальных машин имеет место частный случай неравномерного распределения вдоль оси трубопровода, расход воды увеличивается пропорционально радиусу. Рас-

ход дождевальных аппаратов ШДМ «ДОН» возрастает по мере удаления от неподвижной опоры за счет увеличения диаметра входного отверстия сопла и давления. При комплектации дождевальных машин кругового действия каждому аппарату отводится строго определенное место. Проведенные нами исследования показали, что фактический расход дождевальной машины на 25-30 % больше расчетного в начале поливного трубопровода и ниже в конце машины в таких же пределах. Причиной тому было несоответствие давления в сжатом сечении струи расчетному. Так, в аппаратах, установленных от гидранта на расстоянии 200 м от неподвижной опоры, давление было на 20 % ниже, расход воды при этом отклонялся от нормативного на 35 %. В конце поливного трубопровода 25 % аппаратов от общего числа работали с расходами, меньшими, чем положено по норме. Расход дождевальной машины составил 50,05 л/с, т.е. уменьшился на 15 % от нормативного. После гидравлической настройки дождевальных аппаратов отклонение от нормативных расходов в них не превысило 12, а суммарная подача воды увеличилась до 56 л/с. Точность гидравлических настроек дождевальных аппаратов влияет не только на расход дождевальной машины, но и на интенсивность дождя.

Ключевые слова: дождевальные машины, гидравлические характеристики дождевальных машин, потери напора, расход потока, площадь полива.

Цитирование. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В., Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 319-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-31.

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. Равномерность распределения слоя воды, дождевальных машин кругового действия, достигается в том случае, если удельный расход воды на единицу длины захвата машины возрастает к консольной части пропорционально увеличивающейся площади полива [1-3, 9, 12]. При работе широкозахватных дождевальных машин кругового действия часто наблюдается неравномерность распределения поливной воды, когда расходы воды вдоль поливного трубопровода увеличиваются пропорционально радиусу. Потери напора, вызываемые изменением расхода вдоль трубопровода с учетом потерь на трение по длине и потерь напора, вызываемых изменением расхода вдоль, можно выразить при помощи уравнения:

$$dh_w = \frac{Q^2}{K^2} dx + \frac{\alpha_0 Q}{g \omega^2} dQ, \quad (1)$$

где K – расходная характеристика; α_0 – коэффициент, учитывающий равномерность распределения скорости по живому сечению для случая применения закона количества движения; Q – расход потока в рассматриваемом сечении; dQ – присоединяемый или отделяемый расход на участке между двумя сечениями; dx – изменение длины.

Попытки вычислять параметры структуры дождя машин кругового действия по формулам, полученным для фронтальных дождевальных машин без учета особенностей их работы, не подтвердились экспериментальными данными [5-8, 10, 11].

Материалы и методы. Нами предлагается методика расчета потерь напора по длине водопроводящего пояса дождевальной машины кругового действия в зависимости от общего расхода машины, без суммирования потерь напора по участкам, между отдельными аппаратами. Исследуемая широкозахватная дождевальная машина (ШДМ «ДОН») смонтирована на опытном полигоне учебно-методического центра «Горная поляна» Волгоградского ГАУ.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим дождевальную машину как трубопровод, изготовленный из композитного материала, состоящий из двух труб различного диаметра.

При работе широкозахватных дождевальных машин имеет место частный случай неравномерного распределения вдоль оси трубопровода, расход воды увеличивается пропорционально радиусу (рисунок 1).

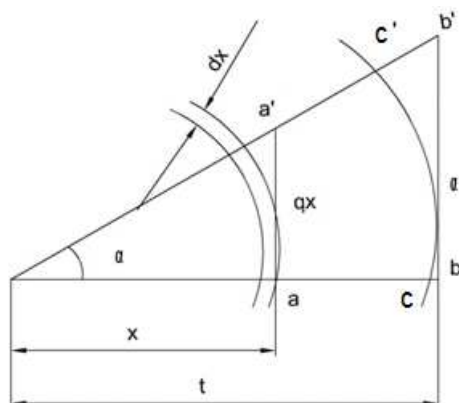


Рисунок 1 – Схема гидравлического расчета широкозахватных дождевальных машин кругового действия

Figure 1 – Scheme of hydraulic calculation of wide-grip circular sprinklers

Расход Q , проходящий на расстоянии x от неподвижной опоры дождевальной машин может быть найден как площадь трапеции

$$Q = \frac{1}{2} \left(\frac{2Q_p}{L^2} x + \frac{2Q_p}{L} \right) (L - x) = Q_p \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right), \quad (2)$$

где Q_p – расход распределяющийся; L – длина дуги.

Кроме расхода распределяющегося по длине машины по трубопроводу проходит еще и транзитный расход $Q_{тр}$, тогда:

$$Q = Q_0 \left(1 - \frac{Q_{тр} x^2}{Q_0 L^2} \right), \quad (3)$$

где $Q_{тр}$ – расход транзитный.

Одним из основных показателей, определяющих структуру дождя, качество полива, производительность ДМ, эффективность орошения является интенсивность дождя. Истинная величина ее определяется выражением:

$$\rho = \frac{dh}{dt}, \quad (4)$$

где ρ – интенсивность дождя; dh – изменение слоя дождя ht – изменение продолжительности дождевания.

среднее значение – формулой:

$$\rho_{cp} = \frac{h}{t} \quad (5)$$

где ρ_{cp} – средняя интенсивность дождя.

Если предположить, что $h \rightarrow h \rightarrow const$ на всей площади захвата дождем, то выражение (5) можно представить в таком виде:

$$\rho'_{cp} = \frac{h_{cp}}{t} \quad (6)$$

Так как $h_{cp} = v / F$, где v – объем воды, поданной на всю площадь F , то

$$\rho'_{cp} = \frac{v}{t \cdot F} \quad (7)$$

Выразив отношение v / t через расход установки Q , л/с, получим:

$$\rho''_{cp} = \frac{60 \cdot Q}{F} \quad (8)$$

При кажущейся на первый взгляд однозначности выражении (4, 6, 8) они имеют совершенно различные значения средней интенсивности дождя. В выражении (4) интенсивность дождя осредняется только во времени, в выражении (6) она осредняется во времени и по площади, а в выражении (8) – только по площади.

Точка «С» в радиусе захвата машины кругового действия будет находиться в зоне дождя до тех пор, пока установка не повернется на угол φ_0 и ось машины из позиции I займет положение II. Среднеструйный аппарат за это время пройдет путь, равный длине дуги $\alpha_0 \alpha_n = l_0$. Общая продолжительность нахождения точки «С» в зоне дождя будет равна:

$$t_0 = l_0 \cdot v_\alpha^{-1} \quad (9)$$

где l_0 – длина дуги, пройденной аппаратом, м ($l_0 = R_\alpha \cdot \varphi_0$); v_α – окружная скорость машины в точке установки аппарата, м/с.

Подставим эти выражения в уравнение (9), получим:

$$t_0 = \frac{R_\alpha \cdot \varphi_\alpha}{R_\alpha \cdot w_0} = \frac{\varphi_0}{w_0} \quad (10)$$

Продолжительность полива при дождевании определяется также поливной нормой m (мм) и интенсивностью дождя ρ :

$$t = \frac{60 \cdot m}{\rho} \quad (11)$$

Приравняв равные части уравнений (10) и (11), найдем интенсивность дождя:

$$\frac{\rho_0}{w_0} = \frac{60 \cdot m}{\rho} \quad (12)$$

Откуда:

$$\rho = \frac{60 \cdot m \cdot w_0}{\varphi_0} \quad (13)$$

Заменив $\varphi_0 = l_0 / R_\alpha$, получим:

$$\alpha = \frac{60 \cdot m \cdot w_0 \cdot R_\alpha}{l_0} \quad (14)$$

Так как поливная норма при условии равномерного распределения осадков на площади равна:

$$m = \frac{2 \cdot Q}{R_M^2 \cdot w_0}, \quad (15)$$

то интенсивность дождя определится:

$$\alpha = \frac{60 \cdot 2 \cdot Q \cdot w_0 \cdot R_\alpha}{R_M^2 \cdot w_0 \cdot R_0} = \frac{120 \cdot Q \cdot R_\alpha}{R_M^2 \cdot l_0}. \quad (16)$$

Следовательно, интенсивность дождя в любой точке захвата машины кругового действия не зависит от скорости вращения установки, а определяется ее конструктивными размерами и схемой расстановки аппаратов [4].

Площадь одновременного полива при работе многоопорных машин кругового действия приближается по форме к трапециевидному овалу [6]. Ширина проекции дождевого облака (b_x) в этом случае будет ограничиваться уравнением вида:

$$b_x = \alpha + c \cdot x, \quad (17)$$

где α, c – постоянные величины; x – расстояние от оси вращения до рассматриваемой точки.

При $h \rightarrow const$

$$\alpha = h / t_x, \quad (18)$$

где t_x – продолжительность нахождения точки в зоне дождя описывается отрезком гиперболы:

$$t_x = \frac{b_x}{w \cdot x} = \frac{\alpha + c \cdot x}{w \cdot x}. \quad (19)$$

Подставив (19) в (18), получим:

$$\alpha_x = \frac{h \cdot w \cdot x}{\alpha + c \cdot x}. \quad (20)$$

Таким образом, при площади одновременного захвата дождем машин кругового действия, отличной от треугольной, интенсивность дождя, ширина дождевого облака и продолжительность нахождения точки в зоне дождя не остаются постоянными величинами, причем сочетания ρ_i, b_i, t_i обеспечивают равномерное распределение поливной воды по радиусу орошаемого круга ($h \neq const$).

С целью уточнения вида и коэффициентов уравнений регрессии динамики параметров дождевого облака по длине захвата машины кругового действия необходима постановка экспериментальных исследований.

Равномерность распределения слоя дождя по площади орошаемого круга дождевальной машины достигается в том случае, если удельный расход воды на единицу длины захвата машины возрастает к консольной части пропорционально увеличивающейся площади полива, то должно выполняться условие:

$$\frac{q_1}{f_1} = \frac{q_2}{f_2} = \dots \frac{q_i}{f_i} = \frac{Q}{F}, \quad (21)$$

где q_1, q_2, q_i – расход дождевальных аппаратов; f_1, f_2, f_i – площадь полива отдельным аппаратом; Q – расход машины; F – площадь одновременного захвата дождем.

Тогда расход дождевального аппарата можно определить на любом удалении от неподвижной опоры по формуле:

$$q_1 = \frac{Q \cdot f_i}{F}.$$

Можно заметить, что расходы дождевальных аппаратов возрастают по мере удаления от неподвижной опоры за счет увеличения выходного отверстия сопла и давления. Каждому аппарату отводится строго определенное место, однако опытные данные показали, что правильная расстановка аппаратов не обеспечивает условие 1, фактический расход машины при полностью открытых регулируемых кранах на 25-30 % больше теоретического почти до половины длины дождевальной машины и ниже в таких же пределах в конце машины.

После гидравлической настройки дождевальных аппаратов отклонение от нормативных расходов не превышали $\pm 15\%$, а суммарная подача воды машиной увеличилась до 60,5 л/с, уменьшение расхода на 4,6 л/с 3,6 л/с произошло вследствие того, что давление на гидранте неподвижной опоры было 2 МПа, что на 1 МПа ниже нормального.

Выводы. Точность гидравлической настройки дождевальных аппаратов влияет не только на расход машины, но и на важнейший параметр техники полива – интенсивность дождя. На отлаженной машине интенсивность дождя изменяется по линейной зависимости 2, при полностью открытых регулировочных кранах интенсивность дождя равномерно увеличивается от 0,10 до 0,35 мм/мин, на расстоянии 50 м от неподвижной опоры остается на уровне 35 мм/мин и вновь возрастает до 0,45 мм/мин на расстоянии 100 м от неподвижной опоры.

Расход дождевальных аппаратов ШДМ «ДОН» возрастает по мере удаления от неподвижной опоры за счет увеличения диаметра входного отверстия сопла и давления. При комплектации дождевальных машин кругового действия каждому аппарату отводится строго определенное место. Проведенные нами исследования показали, что фактический расход дождевальной машины на 25-30 % больше расчетного в начале поливного трубопровода и ниже в конце машины в таких же пределах. Причиной тому было несоответствие давления в сжатом сечении струи расчетному. Так, в аппаратах, установленных от гидранта на расстоянии 200 м от неподвижной опоры, давление было на 20 % ниже, расход воды при этом отклонялся от нормативного на 35 %. В конце поливного трубопровода 25 % аппаратов от общего числа работали с расходами, меньшими, чем положено по норме. Расход дождевальной машины составил 50,05 л/с, т.е. уменьшился на 15 % от нормативного. После гидравлической настройки дождевальных аппаратов отклонение от нормативных расходов в них не превысило 12, а суммарная подача воды увеличилась до 56 л/с.

Библиографический список

1. Есин А. И., Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Исследования характеристик потока воды в водопроводящем поясе дождевальной машины // Научная жизнь. 2018. № 2. С. 16-25.
2. Есин А. И., Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Рекомендации по выбору дождевателей "КАСКАД" для дождевальных машин // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 2. С. 16-22.
3. Исследование качества полива дождевальной машиной "Кубань-ЛШ" / И. П. Кружилин, А. С. Овчинников, Н. В. Кузнецова, О. В. Козинская // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 102-108.
4. Мелихов К. М., Козинская О. В. Гидравлические исследования взаимодействия потока воды с плоским чувствительным элементом штангового расходомера и подача заданных расходов воды на открытых каналах оросительных систем // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-6 (47). С. 39-42.
5. Мелихова Е. В., Рогачев А. Ф. Моделирование и оптимизация распределения ресурсов при внедрении технологических инноваций в орошаемом земледелии // Modern Economy Success. 2018. № 4. С. 113-119.

6. Снипич Ю. Ф. Конструктивно-технологические схемы дождевальных машин серии ДКФ и гидравлический расчет их водопроводящих элементов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 68. С. 23-34.

7. Снипич Ю. Ф. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств орошения дождеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3 (23). С. 238-244.

8. Снипич Ю. Ф., Щедрин В. Н., Колганов А. В. Дождевальная техника для открытой оросительной сети: проблемы и перспективы // Мелиорация и водное хозяйство. 2002. № 5. С. 2.

9. Теоретические исследования формирования дождя дождеобразующими устройствами / Л. А. Журавлева, И. В. Иванов, А. С. Гвоздков, И. В. Петровичев // Научная жизнь. 2018. № 7. С. 11-18.

10. Фокин Б. П., Мельникова И. А. Возможности рационального использования современной дождевальной техники // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 1 (9). С. 68-71.

11. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A. I. Ryzantsev, G. V. Olgarenko, I. A. Uspensky, A. O. Antipov, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, V. A. Makarov, B. A. Nefedorov, E. P. Borovoi, A. D. Akhmedov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. V. 14. № 3. P. 677-685.

12. 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. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Conclusions. The accuracy of hydraulic settings of sprinklers affects not only the flow rate of the machine, but also the most important parameter of irrigation technology – the intensity of rain. On a well-established machine, the intensity of rain varies according to the linear dependence 2, with fully open control valves, the intensity of rain increases evenly from 0.10 to 0.35 mm/min, at a distance of 50 m from the fixed support remains at the level of 35 mm/min and again increases to 0.45 mm/min at a distance of 100 m from the fixed support.

The flow rate of SHDM "DON" sprinklers increases as it moves away from the fixed support due to an increase in the diameter of the nozzle inlet and pressure. When completing circular sprinkler machines, each device is assigned a strictly defined place. Our research has shown that the actual flow rate of the sprinkler machine is 25-30% higher than the calculated one at the beginning of the irrigation pipeline and lower at the end of the machine within the same limits. The reason for this was the discrepancy between the pressure in the compressed section of the jet and the calculated one. So, in the devices installed from the hydrant at a distance of 200 m from the fixed support, the pressure was 20 % lower, while the water consumption deviated from the standard by 35% from the standard. At the end of the irrigation pipeline, 25 % of the devices from the total number worked with expenses less than the norm. The consumption of the sprinkler machine was 50.05 l/s, i.e. it decreased by 15% from the standard. After hydraulic adjustment of sprinklers, the deviation from the standard costs in them did not exceed 12, and the total water supply increased to 56 l/s.

References

1. Esin A. I., Soloviev D. A., Zhuravleva L. A. Studies of water flow characteristics in the water supply belt of a sprinkler machine // Scientific life. 2018. No.2. P. 16-25.
2. Esin A. I., Solovyov D. A., Zhuravleva L. A. Recommendations for choosing CASCADE sprinklers for sprinkler machines // Reclamation and water management. 2018. No. 2. P. 16-22.
3. Investigation of the quality of irrigation with a sprinkler machine "Kuban-LSH" / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya // Scientific life. 2015. No. 6. P. 102-108.
4. Melikhov K. M., Kozinskaya O. V. Hydraulic studies of the interaction of water flow with a flat sensitive element of a rod flow meter and the supply of specified water flows in open channels of irrigation systems // International scientific research journal. 2016. No. 5-6 (47). P. 39-42.
5. Melikhova E. V., Rogachev A. F. Modeling and Optimization of resource allocation when implementing technological innovations in irrigated agriculture // Modern Economy Success. 2018. No. 4. P. 113-119.

6. Snipich Yu. F. Structural and technological schemes of sprinkler machines of the DKF series and hydraulic calculation of their water supply elements // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University. 2011. No.68. Pp. 23-34.
7. Snipits Y. F. Intensification technologies and improving the technical means of irrigation sprinkler // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2011. No. 3 (23). P. 238-244.
8. Snipits Y. F., Shchedrin V. N., Kolganov A. V. Sprinkler technique for irrigation of open networks: problems and PROSPECTS // Melioration and water economy. 2002. No. 5. Sec. 2.
9. Theoretical studies of rain formation by rain-forming devices / L. A. Zhuravleva, I. V. Ivanov, A. S. Gvozdkov, I. V. Petrovichev // Scientific life. 2018. No. 7. P. 11-18.
10. Fokin B. P., Melnikova I. A. Possibilities of rational use of modern sprinkler equipment // Bulletin of the Stavropol agro-industrial complex. 2013. No. 1 (9). P. 68-71.
11. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A. I. Ryazantsev, G. V. Olgarenko, I. A. Uspensky, A. O. Antipov, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, V. A. Makarov, B. A. Nefedorov, E. P. Borovoi, A. D. Akhmedov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. V. 14. № 3. P. 677-685.
12. 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. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Bocharnikov Victor Sergeevich, professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), doctor of technical sciences, professor, tel. 8 (8442) 41-81-53.
E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Ph.D., Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53.
E-mail: kozinska1977@mail.ru

Denisova Maria Alekseevna, Assistant of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, assistant tel. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: masha2008-1988@mail.ru

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53, E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: kozinska1977@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ассистент тел. 8 (8442) 41-81-53.
E-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент тел. 8 (8442) 41-81-53. E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

INFLUENCE OF THE SIZE OF THE GAP ON THE SPEED OF CREVICE CORROSION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

N. V. Byshov¹, I. A. Uspensky¹, A. A. Tsymbal²,
I. A. Yukhin¹, I. V. Fadeev³, Ye.V. Mitrokhina¹, S.N. Kulik¹

¹Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

²Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»,
Moscow

³Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

Received 17.01.2020

Submitted 27.04.2020

The studies were carried out as part of the project «Improving the technologies, means of mechanization, electrification and technical service in agricultural production», section 3.3 «Improving the efficiency of mobile agricultural equipment through the development of new structures, methods and means of maintenance, repair and diagnosis» (subsection 3.3.8 «Improving the use of mobile agricultural machinery by improving its technical operation based on innovative diagnostic methods») of the research plan of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ryazan State Agro-technological University» for 2016–2020

Summary

The article presents the results of the study of the corrosion rate in the cracks and gaps of the joints of elements of agricultural machinery and automotive equipment, depending on the size of the gaps. The results of the experiments suggest that the most dangerous, from the point of view of corrosion, are gaps between 0.2 and 0.9 mm. When designing and repairing, it is necessary to take into account the impact of cracks, gaps and their sizes on the corrosion resistance of agricultural machinery and automotive equipment and, if possible, to minimize the number of poor-quality joints, which will increase the corrosion resistance and reliability of machines.

Abstract

Introduction. Structural and operational factors contribute to the formation of gaps and gaps in agricultural machines and automotive equipment: the presence of welding, threaded, riveting and other types of connections, bends of sheet materials, insufficient sealing between the gasket materials and metal when fasteners are loosened, peeling film of paint and anticorrosive material, corrosion products, contamination of parts, and others. Slots are formed in the thread itself, at the outer ends of fasteners, at the joints of the elements being connected, etc. There is always a gap or gap between the connected parts, where there is an increased capillary condensation of moisture, various contaminants are fixed and crevice corrosion develops. As a result, the anode sections of the surface of the slit joint that are located inside are destroyed, and the outer sections, characterized by free access of oxygen, are cathodes. The liquid is always present in the gaps, since its evaporation from the cracks is very slow. This leads to limited oxygen access, which determines the nature of the anode and cathode reactions: in a neutral environment, the intensity of the anode process in the gap increases, and the cathode process decreases. This is due to the fact that the anode processes occur at more negative potential values, due to the limited access of oxygen to the gap. Moisture in crevices dries longer in comparison with the open surface, so corrosion processes in crevices are intense and depend on the size of the gap. Crevice corrosion is hidden, which makes it difficult to detect it in a timely manner and take measures to neutralize it. This leads to significant metal losses and a decrease in the mechanical strength of the machines. In connection with the above, research on this topic is relevant and in demand in the agro-industrial and motor transport industry. **Object.** The object of research is the rate of crevice corrosion in elements of agricultural machinery and automotive equipment, depending on the size of the gap or gap. **Materials and methods.** The studies were conducted at room temperature (20-22°C) using cells from two experimental samples made of 08kp steel with a size of 30 × 100 × 0,8 mm with different gaps, placed in corrosive media, which served as a 3% solution of table salt and a medium that simulates the operating conditions of cars. The volume of solutions in chemical glasses with a capacity of 800 ml was kept constant at the level of 700 ml. The required size of the gap between the samples in the cell was regulated using spacers of various thicknesses. The medium that simulates the operating conditions of cars was prepared based on the concentration of active ions of the main components of road surface pollution, in mg-EQ/l: chlorides 22,00-26,00; ammonium 0,25-0,55; nitrates 5,00-7,00; sulfates 5,18-5,82. To do

this, in one liter of distilled water was dissolved: 1,404 g of sodium chloride NaCl, 0,0068 g of ammonia water NH_4OH , 0,051 g of sodium nitrate NaNO_3 and 0,3905 g of sodium sulfate Na_2SO_4 . The mass of the dissolved ingredients is determined from the condition of the maximum content of the main components of pollution on the road surface. Sampling of road surface contamination was carried out from November to March 2013-2014 and 2014-2015 years on the 20th day of each month, starting from November to March, inclusive. The rate of corrosion was estimated by the gravitational method based on the mass loss of samples sustained for 48 hours in the test medium. **Results and conclusion.** Studies have shown that the most dangerous, from the point of view of corrosion, are gaps between 0,2 and 0,9 mm. this is Explained by the fact that in gaps of this size, dirt, dust and other contaminants always accumulate, which are hygroscopic and retain moisture, limiting the possibility of access of passivating substances available in the liquid to the gap. Growths appear on the edges of the gap, which are periodically wetted and dried, which increases the intensity of corrosion processes or destroys protective coatings. It is very difficult to clean the cracks from wet dirt and corrosion products. Therefore, when designing and repairing, it is necessary to take into account the impact of cracks, gaps and their sizes on the corrosion resistance of agricultural machines and automotive equipment and, if possible, to minimize the number of poor-quality connections, which will increase the corrosion resistance and reliability of machines.

Key words: *agricultural machinery, auto-tractor equipment, cracks and gaps, crevice corrosion, corrosion rate.*

Citation. Byshov N. V., Uspensky I. A., Tsymbal A. A., Yukhin I. A., Fadeev I. V. Mitrokhina Ye. V., Kulik S.N. Influence of the size of the gap on the speed of crevice corrosion of automotive equipment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 328-337 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-32.

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 620.194:629.014.2

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА НА СКОРОСТЬ ЩЕЛЕВОЙ КОРРОЗИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Н. В. Бышов¹, доктор технических наук, профессор
И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор
А. А. Цымбал², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент
И. В. Фадеев³, кандидат технических наук, доцент
Е.В. Митрохина¹, С.Н. Кулик¹

¹Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, г. Рязань

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

³Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Дата поступления в редакцию 17.01.2020

Дата принятия к печати 27.04.2020

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве», раздел 3.3 «Повышение эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники за счет разработки новых конструкций, методов и средств технического обслуживания, ремонта и диагностирования» (подраздел 3.3.8 «Повышение эффективности использования мобильной сельскохозяйственной техники за счет совершенствования её технической эксплуатации на основе инновационных методов диагностирования») плана НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг.

Актуальность. Образованию щелей и зазоров в сельскохозяйственных машинах и автотракторной технике способствуют конструктивные и эксплуатационные факторы: наличие сварочных, резьбовых, клепочных и других видов соединений, сгибы листовых материалов, недостаточное уплотнение между прокладочными материалами и металлом при ослаблении крепежных дета-

лей, отслоившаяся пленка лакокрасочного и противокоррозионного материала, продукты коррозии, загрязнения деталей и другие. Щели образуются в самой резьбе, на наружных концах крепежных деталей, в стыках соединяемых элементов и т. д. Между соединяемыми деталями всегда остается щель или зазор, где происходит усиленная капиллярная конденсация влаги, фиксируются различные загрязнения и развивается щелевая коррозия. В результате разрушаются анодные участки поверхности щелевого соединения, которые находятся внутри, а наружные участки, характеризующиеся свободным доступом кислорода, являются катодами. В зазорах жидкость присутствует всегда, так как ее испарение из щелей происходит очень медленно. Это приводит к ограниченному доступу кислорода, что определяет характер протекания анодных и катодных реакций: в нейтральной среде интенсивность анодного процесса в щели повышается, а катодного – снижается. Это объясняется тем, что анодные процессы протекают при более отрицательных значениях потенциала, в связи с ограничением доступа кислорода в щель. Влага в щелях по сравнению с открытой поверхностью высыхает дольше, поэтому коррозионные процессы в щелях протекают интенсивно и зависят от величины зазора. Щелевая коррозия носит скрытый характер, что затрудняет ее своевременное выявление и принятие мер по ее нейтрализации. Это приводит к существенным потерям металла и снижению механической прочности машин. В связи с вышеизложенным исследование по данной тематике являются актуальными и востребованными в агропромышленной и автотранспортной отрасли. **Объект.** Объектом исследований является скорость щелевой коррозии в элементах сельскохозяйственных машин и автотракторной техники в зависимости от величины щели или зазора. **Материалы и методы.** Исследования проводились при комнатной температуре (20-22°C) с использованием ячеек из двух экспериментальных образцов из стали 08кп размером 30×100×0,8 мм с различными зазорами, помещенных в коррозионных средах, в качестве которых служили 3%-й раствор поваренной соли и среда, имитирующая условия эксплуатации автомобилей. Объем растворов в химических стаканах емкостью 800 мл поддерживался постоянным на уровне 700 мл. Требуемая величина зазора между образцами в ячейке регулировалась с помощью прокладок различной толщины. Среду, имитирующую условия эксплуатации автомобилей, готовили исходя из значений концентрации активных ионов основных компонентов загрязнения дорожной поверхности, в мг-экв/л: хлоридов 22,00-26,00; аммония 0,25-0,55; нитратов 5,00-7,00; сульфатов 5,18-5,82. Для этого в 1 л дистиллированной воды растворяли: 1,404 г хлористого натрия NaCl, 0,0068 г аммиачной воды NH₄OH, 0,051 г нитрата натрия NaNO₃ и 0,3905 г сульфата натрия Na₂SO₄. Масса растворяемых ингредиентов определена из условия максимального содержания основных компонентов загрязнения на поверхности дороги. Отбор проб загрязнений дорожной поверхности осуществлялся с ноября по март 2013-2014 и 2014-2015 гг. 20-го числа каждого месяца начиная с ноября по март месяц включительно. Скорость коррозии оценивали гравитационным методом по потерям массы образцов, выдержанных в течение 48 часов в исследуемой среде. **Результаты и выводы.** Исследования показали, что наиболее опасными с точки зрения коррозии являются зазоры величиной от 0,2 до 0,9 мм. Объясняется это тем, что в зазорах таких размеров всегда накапливаются грязь, пыль и другие загрязнения, которые гигроскопичны и удерживают влагу, ограничивая возможность доступа пассивирующих веществ, имеющихся в жидкости, в зазор. По краям щели появляются наросты, которые периодически смачиваются и высыхают, что усиливает интенсивность коррозионных процессов или разрушает защитные покрытия. Очистить щели от влажных загрязнений и продуктов коррозии очень трудно. Следовательно, при конструировании и ремонте необходимо учитывать влияние щелей, зазоров и их размеров на коррозионную стойкость сельскохозяйственных машин и автотракторной техники и, по возможности, минимизировать количество некачественных соединений, что повысит коррозионную стойкость и надежность машин.

Ключевые слова: сельскохозяйственные машины, автотракторная техника, щелевая коррозия, скорость коррозии.

Цитирование. Бышов, Н. В., Успенский, И. А., Цымбал А. А., Юхин, И. А., Фадеев, И. В. Митрохина Е.В., Кулик С.Н. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 328-337. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из основных факторов, вызывающих загрязнение сельскохозяйственных машин и автотракторной техники, является образование капельной или сплошной конденсации на металлической поверхности по причине повышенной относительной влажности воздуха или перепада температуры [7]. Конденсат, взаимодействуя с химическими примесями, содержащимися в атмосфере, способствует загрязнению поверхности и активизации процессов коррозии, перемешивается с пылью и частицами почвы на поверхности машин, образуя липкое вещество (грязь), которое имеет высокую адгезионную связь с поверхностью машины [3]. При достаточно низкой относительной влажности воздуха атмосферы пленка грязи высыхает, растрескивается и отслаивается, что приводит к образованию щелей и зазоров в пленке грязи, а также между пленкой грязи и поверхностью машины. Образованию щелей и зазоров способствуют также пленки лакокрасочного и противокоррозионного покрытий, которые по причине ограниченного срока службы растрескиваются и отслаиваются от подложки, сама конструкция сельскохозяйственных, транспортных и технологических машин, предусматривающая различные виды соединений: сварочные, резьбовые, клепочные и другие [5]. Щели и зазоры могут образоваться в процессе эксплуатации машин, например, при ослаблении натяжения крепежных деталей могут образоваться щели между металлом и прокладкой, при неудовлетворительной сварке во время ремонта, так как при этом образуются зазоры и пустоты. Щели образуются в самой резьбе, на наружных концах крепежных деталей, в стыках соединяемых элементов, в продуктах коррозии деталей, в местах сгиба листовых деталей и т. д. Между соединяемыми деталями всегда остается какой-то зазор, поэтому любое соединение можно рассматривать как щель [8].

Поверхности деталей, соединяемых между собой, характеризуются различными центрами концентрации влаги, которые приведены на рисунке 1 [15].

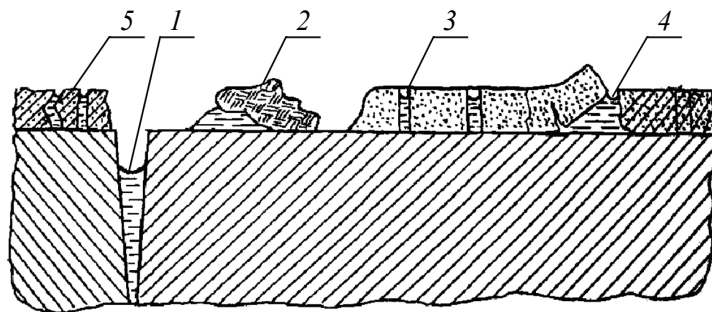


Рисунок 1 – Центры капиллярной конденсации влаги на поверхности соединяемых деталей:

- 1 – в стыке соединения деталей; 2 – в загрязнениях на металлической поверхности;
3 – в микропорах лакокрасочных пленок; 4 – в местах нарушения целостности и отслоения пленок лакокрасочных материалов; 5 – в порах продуктов коррозии

Figure 1 – Centers of capillary condensation of moisture on the surface of the connected parts:
1 – at the junction of the parts; 2 – in the contamination on the metal surface; 3 – in the micropores of paint films; 4 – in places of violation of the integrity and detachment of paint films;
5 – in the pores of corrosion products

Из рисунка 1 видно, что окрашенная поверхность соединения деталей может подвергаться двум видам коррозии: щелевой (рисунок 1, поз. 1, 2, 4) и точечной (рисунок 1, поз. 3 и 5). Согласно [14], коррозионные процессы в щелях (щелевая коррозия) протекают намного интенсивнее, чем на открытой поверхности.

В щелях происходит интенсивная конденсация влаги, в них концентрируются различные загрязнения, что приводит к развитию щелевой коррозии. В результате разрушаются анодные участки поверхности щелевого соединения, которые находятся внутри, а наружные участки, характеризующиеся свободным доступом кислорода, являются катодами [2].

Интенсивность коррозионных процессов в узких щелях зависит от возможности доступа пассивирующих веществ, имеющихся в жидкости, в зазор и отвода продуктов коррозии из него [13]. Влага в щелях по сравнению с открытой поверхностью высыхает дольше, поэтому коррозионные процессы в щелях протекают интенсивно и зависят от величины зазора. Это объясняется наличием мениска у жидкости, находящейся в щели (рисунок 2) [9].

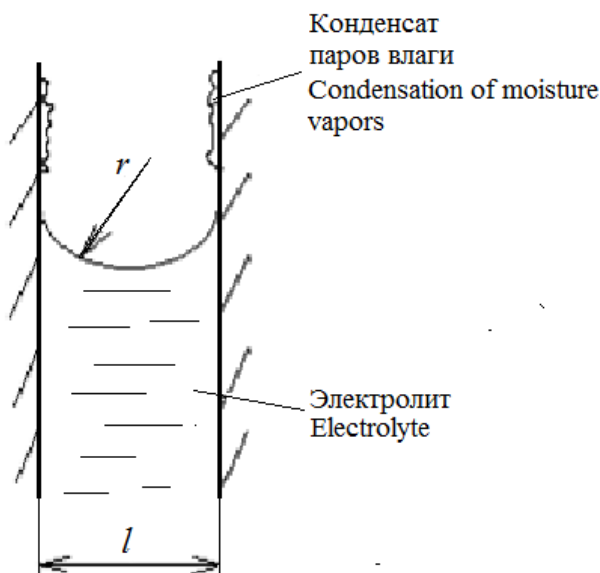


Рисунок 2 – Мениск жидкости в щели: r – радиус мениска; l – ширина щели

Figure 2 – The meniscus of the liquid in the gap: r – radius of the meniscus; l – width of the gap

С уменьшением радиуса мениска упругость паров, находящихся в равновесии, снижается, что способствует повышению возможности конденсации паров на стенках зазора.

В зазорах жидкость присутствует всегда, так как ее испарение из щелей происходит очень медленно. Это приводит к ограниченному доступу кислорода, что определяет характер протекания анодных и катодных реакций. Например, в нейтральной среде интенсивность анодного процесса в щели повышается, а катодного – снижается [6, 16]. Это объясняется тем, что анодные процессы протекают при более отрицательных значениях потенциала в связи с ограничением доступа кислорода в щель.

Щелевая коррозия носит скрытый характер, что затрудняет ее своевременное выявление и принятие мер по ее нейтрализации. Это приводит к существенным потерям металла и снижению механической прочности машин [1].

В связи с вышеизложенным исследования по данной тематике являются актуальными и востребованными в агропромышленной и автотранспортной отраслях.

Материалы и методы. Для лабораторных исследований по определению потери массы металла во времени в коррозионной среде использовались образцы из стали 08кп размером $30 \times 100 \times 0,8$ мм. Размеры образцов замерялись штангенциркулем с нониусом деления 0,1 мм (относительная погрешность измерений по ширине образцов $0,1/30 \cdot 100\% = 0,33\%$, и по длине – $0,1/100 \cdot 100\% = 0,1\%$), масса определялась на аналитических весах ВЛА-200 г-М (относительная погрешность $0,0005/21 \cdot 100\% = 0,02\%$, где 21 – среднее значение массы образцов из стали 08кп, определенное с учетом удельной массы стали 08кп). Подготовка образцов к экспериментам осуществлялась по методике, приведенной в [11].

Ячейки, собранные из двух образцов из стали 08кп с требуемой величиной зазора, помещались в химические стаканы емкостью 800 мл с электролитом объемом 700 мл. Требуемая величина зазора между образцами регулировалась с помощью прокладок различной толщины. Продолжительность выдержки образцов в электролите 48 часов, температура комнатная (20-22°C), без термостатирования.

В качестве коррозионной среды использовали 3%-й раствор NaCl и среду, имитирующую условия эксплуатации автомобилей, которую готовили исходя из значений концентрации активных ионов основных компонентов загрязнения дорожной поверхности, в мг-экв/л: хлоридов 22,00-26,00; аммония 0,25-0,55; нитратов 5,00-7,00; сульфатов 5,18-5,82. Для этого в 1 л дистиллированной воды растворяли: 1,404 г хлористого натрия NaCl, 0,0068 г аммиачной воды NH₄OH, 0,051 г нитрата натрия NaNO₃ и 0,3905 г сульфата натрия Na₂SO₄. Масса растворяемых ингредиентов определена из условия максимального содержания основных компонентов загрязнения на поверхности дороги [13]. Отбор проб загрязнений дорожной поверхности осуществлялся с ноября по март 2013-2014 и 2014-2015 гг. 20-го числа каждого месяца начиная с ноября по март месяц включительно.

После выемки из коррозионных сред образцы очищались от продуктов коррозии, промывались в чистой воде, сушились фильтровальной бумагой. Результаты измерений, взвешиваний и расчетов заносились в специальную таблицу.

Расчетные коррозионные потери вычислялись по выражению [10]:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c]} \times \frac{10000 \times 8760}{T},$$

где M_1 ; M_2 – масса образцов до и после выдержки в коррозионной среде, г; a , b , c – размеры образца, см²; T – продолжительность выдержки образцов в коррозионной среде, ч. 10000 – коэффициент для перевода квадратного метра в квадратные сантиметры; 8760 – продолжительность времени года в часах (24×365).

Результаты и обсуждение. Нами проведены экспериментальные исследования по изучению влияния величины зазора щели на скорость коррозии стали, результаты которых приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Зависимость скорости коррозии стали 08кп в 3%-м растворе хлорида натрия и имитирующей среде от величины зазора в соединении

Table 1 – Dependence of the corrosion rate of 08KP steel in 3% sodium chloride solution and the simulating medium on the size of the gap in the joint

Величина зазора, σ, мм / The size of the gap, σ, mm, x	Скорость коррозии, К, г/м ² ·год / Corrosion rate, K, g/m ² ·year, y	
	в 3 %-м растворе NaCl in 3 % solution NaCl	в имитирующей среде in a simulation environment
0,10	1085	850
0,20	1450	1390
0,30	1570	1510
0,40	1630	1590
0,50	1620	1550
0,6	1530	1510
0,7	1460	1350
0,8	1390	1250
0,9	1220	1180
1,0	1130	1070
1,1	990	960
1,2	810	890

На основании данных таблицы 1 и рисунка 3 можно сделать вывод о том, что наиболее опасными, с точки зрения коррозии, в соединениях деталей сельскохозяйственных машин и автотракторной техники являются зазоры, величина которых находится в пределах от 0,2 до 0,9 мм и в 3%-м растворе хлорида натрия, и в имитирующей среде. Объясняется это тем, что в зазорах таких размеров всегда накапливаются грязь, пыль и другие загрязнения, которые способны впитывать и удерживать влагу, и ограничена возможность доступа пассивирующих веществ, имеющихся в жидкости, в зазор. Очистить щели от влажных загрязнений и продуктов коррозии очень трудно [4, 12].

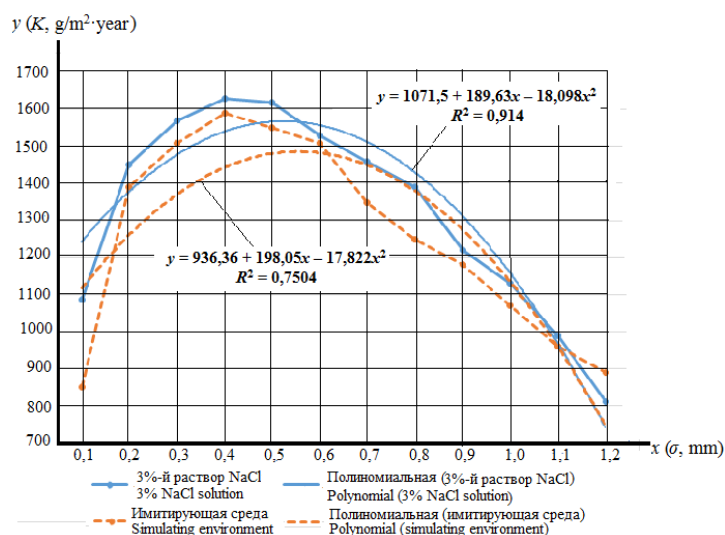


Рисунок 3 – Зависимость скорости коррозии от величины зазора в соединении

Figure 3 – Dependence of the corrosion rate on the size of the gap in the joint

По краям щели появляются наросты, которые периодически смачиваются и высыхают, что усиливает интенсивность коррозионных процессов или разрушает защитные покрытия.

Выводы. Наиболее опасными, с точки зрения коррозии, в соединениях деталей сельскохозяйственных машин и автотракторной техники являются зазоры, величина которых находится в пределах от 0,2 до 0,9 мм, и при конструировании и выполнении ремонтных работ необходимо учитывать влияние щелей, зазоров и их размеров на коррозионную стойкость сельскохозяйственных машин и автотракторной техники и, по возможности, минимизировать количество некачественных соединений, что повысит коррозионную стойкость, следовательно, и надежность машин.

Библиографический список

1. Загидуллин Р. Н., Дмитриева Т. Г., Ямалиев Р. Ф. Ингибиторы для защиты металлов от коррозии и наводораживания // Химическая промышленность сегодня. 2013. № 3. С. 9-20.
2. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н. В. Бышов, С. Д. Полищук, И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 2. С. 257-262.
3. Кузин Е. Г. Щелевая коррозия в соединениях сельскохозяйственных машин // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 115-2. С. 180-183.
4. Кузнецов Ю. И. Физико-химические аспекты защиты металлов органическими ингибиторами коррозии // Коррозия: материалы, защита. 2013. № 4. С. 26-36.
5. Лисунов Е. А., Миронов Е. Б., Гладицын А. Ю. Процесс образования и развития электрохимической коррозии сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Верхневолжья. 2015. № 4 (12). С. 49-52.

6. Методы борьбы с коррозией металлов / В. Г. Козлов, И. В. Титова, А. Н. Коноплин, Н. Н. Булыгин // Фундаментальные исследования. 2017. № 6. С. 53-57.
7. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / 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 противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А. В. Шемякин, М. Б. Латышенков, В. В. Терентьев, К. В. Гайдуков, И. В. Зарубин, А. В. Подъяблонский, С. А. Кожин, А. В. Кирилин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 2 (65). С. 87-91.
9. Фадеев И. В. Аммиак – ингибитор коррозии черных металлов // Известия Международной академии аграрного образования. 2016. №26. Т. 1. С. 21-24.
10. Фадеев И. В., Садетдинов Ш. В. Повышение коррозионной стойкости стали 10 // Вестник МАДИ. 2015. Вып. 2(41). С. 107-114.
11. Фадеев И. В., Новоселов А. М., Садетдинов Ш. В. Теоретические основы разработки новых ингибиторов коррозии для автотранспортного комплекса // Вестник МАДИ. 2014. Вып. 4(39). С. 17-21.
12. Corrosion inhibition of aluminum alloy aa6063-t5 by vanadates: microstructure characterization and corrosion analysis / D. S. Kharitonov, C. Örnek, P. M. Claesson, J. Pan, I. M. Zharskii, J. Sommertune, I. I. Kurilo // Journal of the Electrochemical Society. 2018. V. 165. №3. P. 116-126.
13. 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>.
14. Pavlov A. A. Development of new corrosion-resistant bimetals with increased corrosion resistance prepared by electroslag surfacing technology // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. P. 551-556.
15. 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. A. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.
16. Synergetic effect of bactericidal action of borates in solutions of synthetic detergents / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. V. Fadeev, Sh. V. Sadetdinov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. №10 (2). P. 1441-1446.

Conclusions. The most dangerous from the point of view of corrosion in the joints of parts of agricultural machines and automotive vehicles are gaps, the value of which is in the range from 0.2 to 0.9 mm and in the design and execution of renovations necessary to consider the influence of cracks, gaps and their size on the corrosion resistance of agricultural machinery and automotive vehicles and, if possible, to minimize the number of poor connections, which will increase the corrosion resistance, therefore, the reliability of the machines.

References

1. Zagidullin R. N., Dmitrieva T. G., Yamaliev R. F. Ingibitory dlya zaschity metallov ot korrozii i navodorazhivaniya // Himicheskaya promyshlennost' segodnya. 2013. № 3. P. 9-20.
2. Ingibitor korrozii metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktornoj tehniki / N. V. Byshov, S. D. Polischuk, I. V. Fadeev, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2019. № 2. P. 257-262.
3. Kuzin E. G. Schelevaya korroziya v soedineniyah sel'skohozyajstvennyh mashin // Novaya nauka: Problemy i perspektivy. 2016. № 115-2. P. 180-183.
4. Kuznecov Yu. I. Fiziko-himicheskie aspekty zaschity metallov organicheskimi ingibitorami korrozii // Korroziya: materialy, zaschita. 2013. № 4. P. 26-36.
5. Lisunov E. A., Mironov E. B., Gladicyan A. Yu. Process obrazovaniya i razvitiya jelektrohimicheskoy korrozii sel'skohozyajstvennoj tehniki // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2015. № 4 (12). P. 49-52.
6. Metody bor'by s korroziej metallov / V. G. Kozlov, I. V. Titova, A. N. Konoplin, N. N. Bulygin // Fundamental'nye issledovaniya. 2017. № 6. P. 53-57.

7. Povyshenie protivokorroziionnyh svojstv rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya mojki detalej / 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 protivokorroziionnoj zaschity stykovykh i svarnykh soedinenij sel'skohozyajstvennykh mashin konservacionnymi materialami / A. V. Shemyakin, M. B. Latyshenok, V. V. Terent'ev, K. V. Gajdukov, I. V. Zarubin, A. V. Pod'yablonskij, S. A. Kozhin, A. V. Kirilin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. № 2 (65). P. 87-91.
9. Fadeev I. V. Ammiak - ingibitor korrozii chernyh metallov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2016. №26. T. 1. P. 21-24.
10. Fadeev I. V., Sadetdinov Sh. V. Povyshenie korrozionnoj stojkosti stali 10 // Vestnik MADI. 2015. Vyp. 2(41). P. 107-114.
11. Fadeev I. V., Novoselov A. M., Sadetdinov Sh. V. Teoreticheskie osnovy razrabotki novykh ingibitorov korrozii dlya avtotransportnogo kompleksa // Vestnik MADI. 2014. Vol. 4(39). P. 17-21.
12. Corrosion inhibition of aluminum alloy aa6063-t5 by vanadates: microstructure characterization and corrosion analysis / D. S. Kharitonov, C. Örnek, P. M. Claesson, J. Pan, I. M. Zharskii, J. Sommertune, I. I. Kurilo // Journal of the Electrochemical Society. 2018. V. 165. №3. P. 116-126.
13. 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>.
14. Pavlov A. A. Development of new corrosion-resistant bimetals with increased corrosion resistance prepared by electrosag surfacing technology // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. P. 551-556.
15. 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. A. Tavel-Condut // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.
16. Synergetic effect of bactericidal action of borates in solutions of synthetic detergents / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. V. Fadeev, Sh. V. Sadetdinov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. №10 (2). P. 1441-1446.

Authors Information

Byshov Nikolay Vladimirovich, professor of the Department of machine and tractor fleet operation 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/0000-0002-4619-6446>, byshov@rgatu.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.

Tsymbal Alexander Andreevich, professor of the Department of heat engineering, hydraulics and energy supply of enterprises of the Russian State Agrarian University-MSHA. K. A. Timiryazeva (Russia, 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), doctor of agricultural sciences, professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6543-4999> atcimbal@rgau-msha.ru

Yukhin Ivan Alexandrovich, Head of the Department of automotive engineering and heat power engineering of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical sciences, associate professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, yuival@rambler.ru.

Fadeev Ivan Vasilyevich, head of the Department of machine science of the Chuvash State Pedagogical University. I. Ya. Yakovleva (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), candidate of technical sciences, associate professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Mitrokhina Ekaterina Vladimirovna, applicant for the Department "Technical Operation of Transport" at the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev St.

Kulik Sergey Nikolaevich, applicant for the Department "Technical Operation of Transport" at the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev St.)

Информация об авторах

Бышов Николай Владимирович, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4619-6446>, byshov@rgatu.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.uspenskiy@yandex.ru.

Цымбал Александр Андреевич, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6543-4999> atcimbal@rgau-msha.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928> yuival@rambler.ru.

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университет им. И.Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), кандидат технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Митрохина Екатерина Владимировна, соискатель кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1).

Кулик Сергей Николаевич, соискатель кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1).

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-33

IMPROVING THE EFFICIENCY OF USE GRAIN HARVESTERS BY USING REMOVABLE GRAIN BUNKERS

A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, O. I. Poddubny, S. Yu. Fandeev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 28.04.2020

Summary

A scheme of a combine harvester equipped with a mechanism for replacing a grain-filled hopper with an empty replacement one is proposed. The efficiency coefficient of using combine harvesters of different designs, taking into account their performance for one hour of shift time under other identical cleaning conditions, is proposed. The results of research have shown that the use of a sorghum harvester equipped with a device for replacing a hopper filled with grain with a removable empty hopper can increase the efficiency of its use by 1.2 – 3.7 times, depending on the productivity of grain threshing per shift, the volume of the removable hopper and the object of comparison.

Abstract

Introduction. With existing technologies for harvesting grain crops, a significant portion of the shift time is non-productive time, including the unloading of grain from the combine's hopper. Unloading grain from the hopper on the move of the combine is used in real conditions very rarely, because it requires precise coordinated driving of the grain harvester and the car in which the grain is unloaded. In this regard, it is relevant to develop designs for combine harvesters equipped with a mechanism for replacing an empty hopper with a grain-filled hopper and then unloading it on the field without stopping the combine. **Object.** To increase the efficiency of using grain harvesting machines on the example of an experimental sorghum harvester equipped with a mechanism for replacing a grain-filled hopper with an empty replacement one. **Materials and methods.** To increase the efficiency of using a sorghum harvester for sorghum harvesting, it is proposed to use a harvester equipped with a mechanism for replacing a grain-filled hopper with an empty replacement one. Studies of the time spent on unloading grain from the hopper of the sorghum harvester to the vehicle and waiting for the vehicle were carried out on the harvesting of grain sorghum in the harvesting seasons of 2017-2019 in a number of farms in the Volgograd region. Statistical data on the costs

of the components of the shift time are obtained on the basis of the timing of the combine. **Results.** According to the timing of work corroborates combine the resulting distribution of time spent by component changing time, the basis on which it determined the value of the utilization-time change and performance combine for an hour of shift time. Sorghum harvesting was performed with a single-module experimental sorghum harvester, which threshed one row of sorghum sown with a row spacing of 0.7 m. consequently, $V_r = 0.7$ m. The average working speed of the combine was $V_r = 1.82$ m/s. Cleaning of grain sorghum of the "Premiere" variety was performed with an average yield in the years of research of 2.08 t / ha. taking into account the data presented above, it was determined that $W_h = 0.54$ t / h. It follows that an average of 5.2 t or 24 replacement grain bins were threshed per shift. Computer modeling has shown that the unproductive time spent on installing one replacement hopper on the harvester, taking into account the exit from the row, did not exceed 0.03 hours (about 2 minutes), i.e. $TPR = 0.72$ hours. Then, other things being equal, the use of a sorghum harvester with removable bins T_o , $b = 7.07$ h, τ (see b) = 0.74 and $W(h.b) = 0.71$ t/h. the productivity of the sorghum harvester increases by 31%. It is proposed to compare the efficiency of using sorghum harvesters equipped with a mechanism for replacing bins filled with grain with removable empty ones without stopping, and combines that unload grain from stationary bins into a vehicle with an efficiency coefficient. The values of the efficiency coefficient of using sorghum harvesters equipped with a mechanism for replacing bunkers filled with grain with replacement empty ones of 300 l and 500 l without stopping and combines with grain unloading in GAZ-SAZ-3507, KAMAZ 45144 and GAZ-3302 "Gazelle" cars were determined. The use of removable bins on a sorghum harvester significantly increases the efficiency of using combines in comparison with unloading grain from a stationary hopper installed on the combine into the car body. In addition, the use of vehicles with a higher load capacity is more efficient than with a smaller one. For example, when a sorghum harvester produces 10 tons of grain per shift and uses a method for replacing a 300-liter filled grain bin with an empty one without stopping the combine, the efficiency coefficient is 4.76, while when using the currently used method for unloading grain from a stationary hopper, for example, into a GAZ-3302 "Gazelle" car, the efficiency coefficient is 1.6, i.e. 3.0 times less. When installing a 500-liter hopper on a combine and using a KAMAZ 45144 vehicle, the efficiency coefficient is 2.4, which is 2.0 times less than when using a combine with removable bins. **Conclusions.** As a result of the conducted research, the efficiency coefficient of using sorghum harvesters of various designs is proposed, taking into account their performance for one hour of shift time under the same cleaning conditions. The use of a sorghum harvester equipped with a device for replacing a hopper filled with grain with removable empty bins allows increasing the efficiency of its use by 1.2 – 3.7 times, depending on the productivity of grain threshing per shift, the volume of the removable hopper and the object of comparison.

Key words: sorghum, sorghum harvester; grain unloading, replacement grain hopper, efficiency coefficient.

Citation. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I., Fandeev S. Yu. Improving the efficiency of use grain harvesters by using removable grain bunkers. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 337-346 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-33.

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 631.354.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕННЫХ БУНКЕРОВ ЗЕРНА

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент

О. И. Поддубный, исследователь, преподаватель-исследователь

С.Ю. Фандеев, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 28.04.2020

Актуальность. При существующих технологиях уборки зерновых культур значительную долю смены составляют непроизводительные затраты времени, в том числе на выгрузку зерна из бункера комбайна. Выгрузка зерна из бункера на ходу комбайна используется в реальных условиях весьма

редко, т.к. требует точного согласованного вождения зерноуборочной машины и автомобиля, в который выгружается зерно. В связи с этим актуальными являются разработки конструкций комбайнов, оборудованных механизмом замены пустым бункером заполненного зерном бункера с последующей выгрузкой его на поле без остановки комбайна. **Цель работы** – повышение эффективности использования зерноуборочных машин на примере экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного механизмом замены заполненного зерном бункера пустым сменным. **Материалы и методы.** Для повышения эффективности использования соргоуборочного комбайна на уборке сорго предлагается использовать комбайн, оборудованный механизмом замены заполненного зерном бункера пустым сменным. Исследования затрат времени на выгрузку зерна из бункера соргоуборочного комбайна в транспортное средство и ожидание транспортного средства проводились на уборке зернового сорго в уборочные сезоны 2017 – 2019 годов в ряде хозяйств Волгоградской области. Статистические данные по затратам составляющих времени смены получены на основе хронометража работы комбайна. **Результаты.** По данным хронометража работы соргоуборочного комбайна получено распределение затрат времени по составляющим времени смены, на основе чего определено значение коэффициента использования времени смены и производительность комбайна за час сменного времени. Предложено сравнивать эффективность использования соргоуборочных комбайнов, оборудованных механизмом замены бункеров, заполненных зерном на сменные пустые без остановки, и комбайнов, осуществляющих выгрузку зерна из стационарных бункеров в транспортное средство, коэффициентом эффективности. Определены значения коэффициента эффективности использования соргоуборочных комбайнов, оборудованных механизмом замены бункеров, заполненных зерном на сменные пустые объемом 300 л и 500 л без остановки и комбайнов с выгрузкой зерна в автомобили ГАЗ-СА3-3507, КАМАЗ 45144 и ГАЗ-3302 «Газель». Применение на соргоуборочном комбайне сменных бункеров существенно повышает эффективность использования комбайнов по сравнению с выгрузкой зерна из стационарного бункера, установленного на комбайне, в кузов автомобиля. Кроме того, использование автомобилей с большей грузоподъемностью эффективнее, чем с меньшей. **Выводы.** В результате проведенных исследований предложен коэффициент эффективности использования соргоуборочных комбайнов различных конструкций, учитывающий их производительность за один час сменного времени при одинаковых условиях уборки. Применение соргоуборочного комбайна, оборудованного устройством замены бункера, заполненного зерном, сменными пустыми бункерами позволяет в зависимости от производительности по намолоту зерна за смену, объема сменного бункера и объекта сравнения повысить эффективность его использования в 1,2 – 3,7 раза.

Ключевые слова: уборка сорго, соргоуборочные комбайны; выгрузка зерна, сменные бункеры зерна.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И., Фандеев С.Ю. Повышение эффективности использования зерноуборочных машин за счет применения сменных бункеров зерна. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 337-346. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-33.

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. Современное сельскохозяйственное производство требует существенного повышения эффективности использования применяемой техники. Эффективность использования сельскохозяйственной техники, в том числе и зерноуборочной, во многом определяется ее производительностью [7, 10, 11]. Для повышения производительности зерноуборочной техники известно достаточно много как технических, так и технологических и организационных решений [9]. Технические решения повышения производительности чаще всего внедряются. Так, за последние 15 – 20 лет существенно возросла мощность двигателей (до 600 л.с. и более [2]), увеличилась ширина захвата жаток (до 14 м [2]), повысился уровень автоматизации комбайнов и т.д.

Для повышения производительности зерноуборочной техники используются также методы совершенствования технологического процесса, например, использование очесного [4] и инерционно-очесного [3] способов обмолота зерновых колосовых, зернобобовых и метелочных культур, применение двойного среза растений [6], обмолот на стационаре [5], использование мобильных и стационарных накопителей зерна [1, 13].

При существующих технологиях уборки зерновых культур значительную долю времени смены составляют непроизводительные затраты времени, в том числе на выгрузку зерна из бункера комбайна. Выгрузка зерна из бункера на ходу комбайна используется в реальных условиях весьма редко, т.к. требует точного согласованного вождения зерноуборочной машины и автомобиля, в который выгружается зерно. В связи с этим актуальными являются разработки конструкций комбайнов, оборудованных механизмом замены пустым бункером заполненного зерном бункера с последующей выгрузкой его на поле без остановки комбайна.

Цель настоящей работы – повышение эффективности использования зерноуборочных машин на примере экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного механизмом замены заполненного зерном бункера пустым сменным.

Материалы и методы. Зерноуборочные машины в реальных условиях недостаточно эффективно используются. Так, например, в работе [14] показано, что коэффициент использования времени зерноуборочных комбайнов составляет всего 0,62. Для повышения коэффициента использования времени смены, а следовательно, и эффективности использования зерноуборочных машин необходимо снижать непроизводительные затраты времени, в частности на выгрузку зерна из бункера в транспортное средство. Одним из путей снижения затрат времени на выгрузку зерна может быть использование на зерноуборочной машине сменных бункеров. В этом случае заполненный зерном бункер выгружается на убранное поле и заменяется на пустой сменный без остановки машины. Нами предложена конструкция соргоуборочного комбайна [8] (рисунок 1), прототипом которого явился экспериментальный комбайн конструкции Волгоградского ГАУ [12].

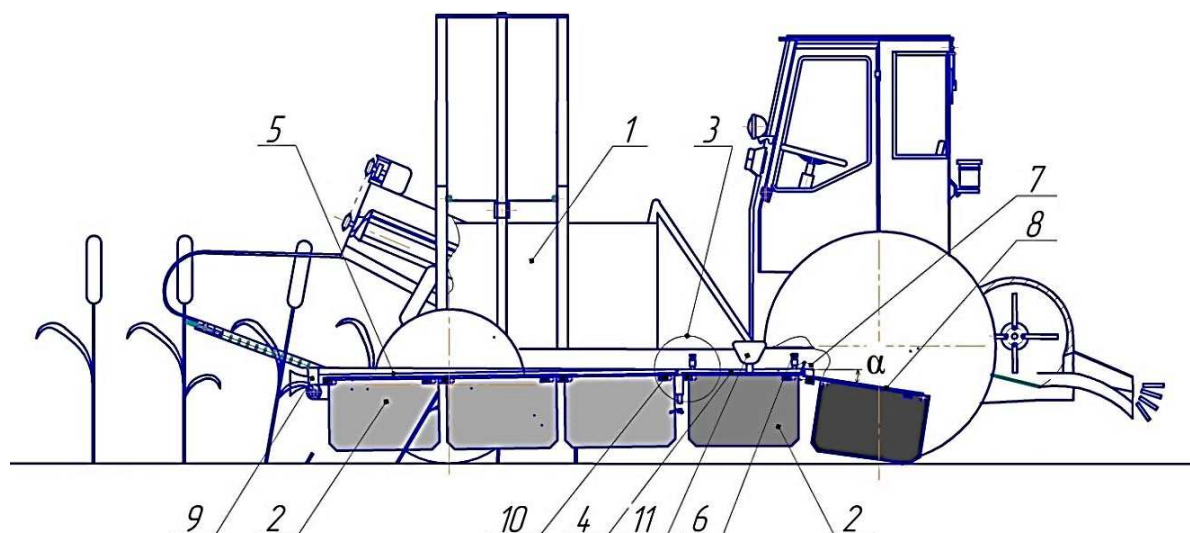


Рисунок 1 – Схема соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными бункерами зерна

Figure 1 – Scheme of a combine harvester equipped with removable bins grains

В предложенной конструкции соргоуборочного комбайна замена наполненного зерном сменного бункера пустым осуществляется специальным механизмом 3 замены бункеров, состоящим из основания 4 и платформы 5. На основании 4 устанавливается сменный бункер, заполняемый зерном при обмолоте сорго, а на платформе 5 – сменные пустые бункеры. Сменных пустых бункеров может быть несколько. Их количество определяется прежде всего габаритами сменных бункеров и размерами платформы. При этом размеры платформы 5 определяются допустимыми габаритами комбайна для возможного его перемещения по дорогам различного назначения и необходимой маневренностью комбайна.

Основание 4 установлено на четырех упругих подвесах 6, оборудовано концевым датчиком 7 и двумя направляющими 8, изогнутыми под углом $\alpha = 20^{\circ} - 35^{\circ}$ в сторону поля. Изгиб направляющих обеспечивает перемещение бункера, заполненного зерном на поле, без опрокидывания.

Перемещение пустых сменных бункеров на замену заполненных зерном осуществляется с помощью привода 9. Все сменные бункеры 2 оборудованы устройством 10, обеспечивающим перемещение крышки бункера соответственно в открытое положение перед началом его заполнения зерном и в закрытое положение после того, как бункер будет полностью загружен.

Комбайн для уборки зернового сорго работает следующим образом. При движении комбайна по полю растения зернового сорго обмолачиваются прямооточной выносной молотильной камерой, затем срезаются жаткой и подаются на измельчение. Измельченные растения разбрасываются по полю. Обмолоченное зерно подается в бункер 2.

Бункер 2 заполняется зерном. Упругие подвесы 6 отрегулированы на массу бункера, заполненного полностью зерном. При достижении этой массы основание 4 опускается. Упругие элементы подвесов 6 сжимаются. Крышка заполненного зерном сменного бункера закрывается устройством перемещения крышки 10, перекрывая тем самым доступ обмолоченного зерна в бункер. Одновременно с этим включается привод 9, который перемещает пустые бункеры в сторону заполненного зерном бункера и сдвигает его на изогнутые направляющие 8. В момент замены бункеров зерно поступает в компенсатор 11. Заполненный зерном бункер спускается на поле. При касании пустым бункером заполненного зерном бункера открывается его крышка, и зерно начинает поступать в сменный бункер. После выгрузки заполненного зерном бункера на поле основание 4 возвращается в исходное положение за счет потенциальной энергии сжатых упругих элементов подвесов 6.

Процесс замены заполненного зерном бункера очередным пустым сменным бункером повторяется.

С целью снижения затрат времени и труда на загрузку пустых бункеров на платформу 5 она закреплена на раме комбайна с наклоном вперед по ходу комбайна и оборудована захватами. Кроме того, загрузку пустых бункеров необходимо осуществлять на поворотной полосе в конце гона одновременно нескольких, а не по одному на поле после выгрузки заполненного зерном бункера. В случае незначительного недостатка суммарного объема сменных бункеров на одном гоне рекомендуется размещать недостающий бункер на комбайне. Если сорго на конкретном поле имеет высокую урожайность, а поле – существенную длину, то следует выполнять прокосы для размещения пустых бункеров.

Исследования затрат времени на выгрузку зерна из бункера экспериментального соргоуборочного комбайна в транспортное средство и ожидание транспортного средства проводились на уборке зернового сорго в уборочные сезоны 2017 – 2019 годов в

ряде хозяйств Светлоярского района Волгоградской области. На комбайне был установлен бункер объемом 300 л. Для транспортировки зерна от одного комбайна на расстояние 3 км использовался один автомобиль ГАЗ-САЗ 3307.

Статистические данные по затратам составляющих времени смены получены на основе хронометража работы экспериментального соргоуборочного комбайна.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований использования экспериментального соргоуборочного комбайна на уборке зернового сорго показали, что ожидание транспортного средства и выгрузка зерна из бункера комбайна в транспортное средство составило в течение смены $T_{пр} = 2,3$ ч. Кроме того, определено, что затраты времени на ежесменное техническое обслуживание комбайна $T_{ЕТО}$ составили 0,36 ч, на холостой ход при поворотах комбайна $T_x = 0,63$ ч; на технологическое обслуживание агрегата $T_{тех} = 0,34$ ч; на приемку и сдачу агрегата, переезд к месту работы и обратно, получение наряда и сдача работы $T_{пз} = 0,48$ ч при фактической средней продолжительности смены $T_{см} = 9,6$ ч. Время основной или чистой работы T_0 комбайна определили по формуле:

$$T_0 = T_{см} - (T_{ЕТО} + T_x + T_{тех} + T_{пз} + T_{пр}). \quad (1)$$

$$T_0 = 5,49 \text{ ч.}$$

Тогда, коэффициент использования времени смены, определяемый по формуле:

$$\tau_{см} = \frac{T_0}{T_{см}}, \quad (2)$$

$$\text{равен } \tau_{см} = 0,57.$$

Производительность экспериментального комбайна по намолоту зерна за один час сменного времени (W_q , т/ч) может быть определена по известной зависимости:

$$W_q = 0,36 B_p v_p Y_z \tau_{см}, \quad (3)$$

где B_p – рабочая ширина захвата жатки, м; v_p – рабочая скорость комбайна, м/с, Y_z – урожайность сорго по зерну, т/га.

Определим производительность соргоуборочного комбайна за час сменного времени без использования (W_q) и с использованием ($W_{q,б}$) сменных бункеров.

Уборку сорго выполняли одномодульным экспериментальным соргоуборочным комбайном, который обмолачивал один рядок сорго, посеянного с междурядьем 0,7 м. Следовательно, $B_p = 0,7$ м. Средняя рабочая скорость комбайна равнялась $v_p = 1,82$ м/с. Выполнялась уборка зернового сорго сорта «Премьера» со средней урожайностью в годы исследований 2,08 т/га. С учетом данных, представленных выше, определено, что $W_q = 0,54$ т/ч. Из этого следует, что за смену намлачивалось в среднем 5,2 т или 24 сменных бункеров зерна. Компьютерное моделирование показало, что непроизводительные затраты времени на установку одного сменного бункера на комбайн с учетом выезда из рядка не превышало 0,03 ч (около 2 мин.), т.е. $T_{пр} = 0,72$ ч.

Тогда при прочих равных условиях использования соргоуборочного комбайна со сменными бункерами $T_{0,б} = 7,07$ ч, $\tau_{см,б} = 0,74$ и $W_{q,б} = 0,71$ т/ч.

Таким образом, производительность соргоуборочного комбайна повышается на 31 %.

Известно, что в идеальном случае $\tau_{см} = 1$, тогда, чем меньше разность $(1 - \tau_{см})$, тем технология уборки зерновых культур будет эффективнее.

Рассматривая зависимость (3) и учитывая отмеченное выше, а также то, что после установки сменных бункеров на комбайн B_p , v_p и Y_z не изменяются, предлагаем сравнивать применение конструкций соргоуборочных комбайнов, оборудованных сменными и стационарным зерновыми бункерами, коэффициентом эффективности использования:

$$K_{эф} = \frac{1}{(1 - \tau_{см})}. \quad (4)$$

Чем больше значение $K_{эф}$, тем технология уборки (или конструкция зерноуборочной машины) эффективнее. При этом коэффициент эффективности использования соргоуборочных комбайнов учитывает их производительность за один час сменного времени при прочих одинаковых условиях уборки.

В настоящей работе расчетным путем определены значения коэффициента эффективности использования соргоуборочных комбайнов с возможностью замены бункеров сменными с выгрузкой их на поле и без замены с выгрузкой зерна из стационарного бункера в автомобили ГАЗ-САЗ-3507, КАМАЗ 45144 без прицепа и ГАЗ-3302 «Газель» при объеме бункеров соответственно 300 и 500 литров. При этом учитывалось время на замену сменных бункеров и на выгрузку зерна из стационарного бункера. Кроме того, значения коэффициента эффективности использования соргоуборочных комбайнов определялись в зависимости от их производительности по намолоту зерна за смену, зависящей от урожайности зернового сорго. Результаты расчета $K_{эф}$ представлены на рисунках 2 и 3.

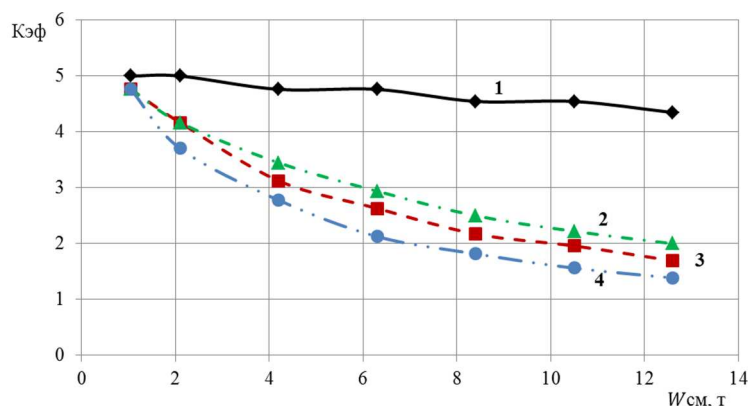


Рисунок 2 – Изменение коэффициента эффективности использования соргоуборочных комбайнов при объеме бункера 300 л 1 – комбайн со сменными бункерами; 2 – КАМАЗ 45144; 3 – ГАЗ-САЗ-3507; 4 – ГАЗ-3302 «Газель»

Figure 2 – Changing the efficiency coefficient of grain harvesters with a hopper capacity of 300 l
1 –combine harvester with removable bins; 2-KAMAZ 45144;
3-GAZ-SAZ-3507; 4-GAZ-3302 «Gazelle»

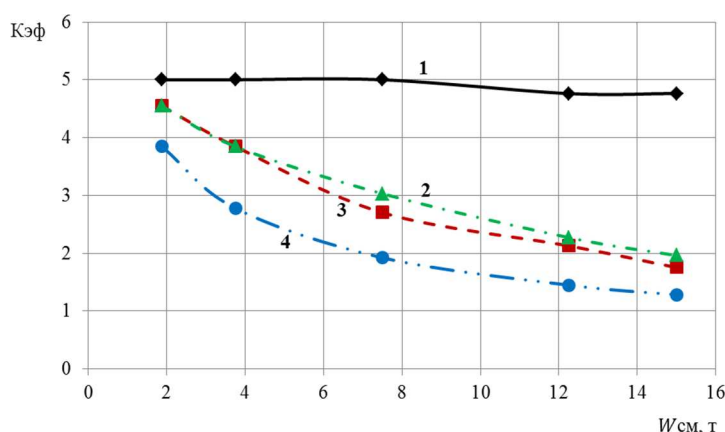


Рисунок 3 – Изменение коэффициента сравнения эффективности использования соргоуборочных комбайнов при объеме бункера 500 л 1 – комбайн со сменными бункерами; 2 – КАМАЗ 45144; 3 – ГАЗ-САЗ-3507; 4 – ГАЗ-3302 «Газель»

Figure 3 – Changing the efficiency coefficient of grain harvesters with a hopper capacity of 500 l
1-combine harvester with removable bins; 2-KAMAZ 45144;
3-GAZ-SAZ-3507; 4-GAZ-3302 «Gazelle»

Представленные на рисунках 2 и 3 данные показывают, что применение на соргоуборочном комбайне сменных бункеров существенно повышает эффективность использования комбайнов по сравнению с выгрузкой зерна в кузов автомобиля из бункера, стационарно установленного на комбайне. Кроме того, использование автомобилей с большей грузоподъемностью (КАМАЗ 45144) эффективнее, чем с меньшей (ГАЗ-САЗ-3507 и ГАЗ-3302 «Газель»). Эффективнее использовать также бункеры большего объема.

Так, при производительности соргоуборочного комбайна 10 т зерна за смену и применении способа замены заполненного зерном бункера объемом в 300 л пустым без остановки комбайна коэффициент эффективности составляет 4,76, в то время как при использовании применяемого в настоящее время способа выгрузки зерна из стационарного бункера, например, в автомобиль ГАЗ-3302 «Газель» коэффициент эффективности равен 1,6, т.е. в 3,0 раза меньше. При установке на комбайн бункера объемом 500 л и использовании автомобиля КАМАЗ 45144 коэффициент эффективности равен 2,4, что в 2,0 раза меньше, чем при использовании комбайна со сменными бункерами.

Выводы. В результате проведенных исследований предложен коэффициент эффективности использования соргоуборочных комбайнов различных конструкций, учитывающий их производительность за один час сменного времени при одинаковых условиях уборки. Применение соргоуборочного комбайна, оборудованного устройством замены бункера, заполненного зерном, сменными пустыми бункерами позволяет в зависимости от производительности по намолоту зерна за смену, объема сменного бункера и объекта сравнения повысить эффективность его использования в 1,2 – 3,7 раза.

Библиографический список

1. Астафьев В. Л., Султанов И. И. Обоснование транспортного обеспечения на уборочных работах // Вестник науки и образования № 15(51). Часть 1. 2018. С.24 – 29.
2. Белоусов С. В., Помеляйко С. А. Зерноуборочный комбайн // Молодой ученый. 2015. №7. С. 1086-1089.
3. Бышов Н. В., Ряднов А. И., Федорова О. А. Машина для уборки зерновых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 220 - 227.
4. Жатка для очеса сельскохозяйственных культур на корню / М. В. Канделя, П. А. Шилько, А. Н. Панасюк, А. В. Липкань, В. М. Ширяев // Техника и оборудования для села. 2016. № 7. С. 10-12.
5. К разработке стационарного процесса обмолота хлебной массы комбайном с классическим молотильно-сепарирующим устройством / А. И. Ряднов, А. П. Ловчиков, О. С. Шагин, В. А. Шахов // Известия НВ АУК. 2019. 2(54). 314-322.
6. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Иксанов Ш. С. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия ОГАУ. Оренбург, 2015. №3(53). С. 92–95.
7. Лонцева И. А. Пути повышения эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. №4(44). С. 175 – 181.
8. Патент на изобретение №2703429 РФ. Комбайн для уборки зернового сорго / Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Семченко А. В. Патентообладатель ФГБОУ Волгоградский ГАУ. Опубл. 16.10.2019, Бюл. №29.
9. Ряднов А. И., Тронева С. В., Федорова О. А. Повышение производительности зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 2-3.
10. Ряднов А. И., Федорова О. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 225 - 230.
11. Тронева С. В., Ряднов А. И., Федорова О. А. Повышение производительности зерноуборочного комбайна // Научное обозрение. 2017. №21. С. 37-43.
12. Универсальный агрегат для уборки сорго / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, А. В. Семченко, К. А. Матвеева // Сельский механизатор. № 4, 2010. С. 6.

13. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование границ эффективности использования накопителя-перегрузателя // Вестник КрасГАУ. 2013. №12. – С. 199 - 203.

14. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev, M. V. Cheskidov, V. D. Shepelev, Z. V. Almetova, N. P. Shepeleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2018. P. 012053.

Conclusions. As a result of the conducted research, the efficiency coefficient of using sorghum harvesters of various designs is proposed, taking into account their performance for one hour of shift time under the same cleaning conditions. The use of a sorghum harvester equipped with a device for replacing a hopper filled with grain with removable empty bins allows increasing the efficiency of its use by 1.2 – 3.7 times, depending on the productivity of grain threshing per shift, the volume of the removable hopper and the object of comparison.

References

1. Astaf'ev V. L., Sultanov I. I. Obosnovanie transportnogo obespecheniya na uborochnyh rabotah // Vestnik nauki i obrazovaniya № 15(51). Chast' 1. 2018. P. 24 - 29.

2. Belousov S. V., Pomelyajko S. A. Zernoubochnyj kombajn // Molodoj uchenyj. 2015. №7. P. 1086-1089.

3. Byshov N. V., Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Mashina dlya uborki zernovyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 220 - 227.

4. Zhatka dlya ochesa sel'skohozyajstvennyh kul'tur na kornyu / M. V. Kandelya, P. A. Shil'ko, A. N. Panasyuk, A. V. Lipkan', V. M. Shiryayev // Tehnika i oborudovaniya dlya sela. 2016. № 7. P. 10-12.

5. K razrabotke stacionarnogo processa obmolota hleboj massy kombajnom s klassicheskim molotil'no-separiruyuschim ustrojstvom / A. I. Ryadnov, A. P. Lovchikov, O. S. Shagin, V. A. Shahov // Izvestiya NV AUK. 2019. 2(54). P. 314-322.

6. Lovchikov A. P., Lovchikov V. P., Iksanov Sh. S. Teoreticheskij aspekt tehnologicheskogo processa pryamogo kombajnirovaniya zernovyh kul'tur s dvojnym srezom steblej // Izvestiya OGAU. Orenburg, 2015. №3(53). P. 92-95.

7. Lonceva I. A. Puti povysheniya jekspluatacionnoj proizvoditel'nosti zernoubochnyh kombajnov // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. №4(44). P. 175 - 181.

8. Patent na izobretenie №2703429 RF. Kombajn dlya uborki zernovogo sorgo / Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Semchenko A. V. Patentoobladatel' FGBOU Volgogradskij GAU. Opubl. 16.10.2019, Byul. №29.

9. Ryadnov A. I., Tronev S. V., Fedorova O. A. Povysenie proizvoditel'nosti zernoubochnyh kombajnov // Sel'skij mehanizator. 2019. № 8. P. 2-3.

10. Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Povysenie proizvoditel'nosti sorgoubochnogo kombajna // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 2. P. 225 - 230.

11. Tronev S. V., Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Povysenie proizvoditel'nosti zernoubochnogo kombajna // Nauchnoe obozrenie. 2017. №21. P. 37-43.

12. Universal'nyj agregat dlya uborki sorgo / A. I. Ryadnov, R. V. Sharipov, A. V. Semchenko, K. A. Matveeva // Sel'skij mehanizator. № 4, 2010. P. 6.

13. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B. Obosnovanie granic jeffektivnosti ispol'zovaniya napitelya-peregruzhatelya // Vestnik KrasGAU. 2013. №12. P. 199 - 203.

14. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev, M. V. Cheskidov, V. D. Shepelev, Z. V. Almetova, N. P. Shepeleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2018. P. 012053.

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 "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), doctor of technical Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru;

Poddubny Oleg Igorevich, researcher, teacher-researcher of the Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-6888-5329>. E-mail: olegan.93@mail.ru

Fandeyev Sergey Yurievich, postgraduate student Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-672>. E-mail: fandey-kashperovsky@mail.ru

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru

Поддубный Олег Игорьевич – исследователь, преподаватель-исследователь ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-6888-5329>. E-mail: olegan.93@mail.ru

Фандеев Сергей Юрьевич, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-672>. E-mail: fandey-kashperovsky@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34

SAFETY OF FRUITS ON ON-FARM TRANSPORT

A. Simdiankin, I. A. Uspensky, L. P. Belyu, O. V. Filiushin

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», Ryazan, Russia

Received 17.01.2020

Submitted 28.04.2020

Summary

The article considers the issues of apple safety in box, in particular external appearance, humidity and temperature after simulating their transportation on a macadam road during spring-winter season. The results of the studies showed that there was a significant change in the appearance of apples in the experimental group in relation to the control group which does not allow them to be used for retail or wholesale sales after 3-4 days of storage.

Abstract

Introduction. Buyers of fruit and vegetable products are guided, first of all, by its appearance. It may not be an ideal fruit or vegetable in shape but it must be ripe and strong. The consumer prefers not to buy too large, glossy, smooth fruits and fruits with flaws. That is why retailers impose high requirements to the quality of the delivered goods which must still be stored in the warehouse for a fairly long period. **Object.** The "Idared" apple variety was chosen for experiments: it has large juicy fruits with dense flesh and it is quite resistant to damage. Besides it is well preserved during winter storage. **Materials and methods.** The apples (10 pieces each) were placed in two cardboard boxes and covered with glass to reduce the influence of humidity and temperature in the room where the experiments were conducted. The mass of apples was measured using the MW-1451 SR scale. Measuring the diameter of apples was carried out using a tapeline MEASURE R5U3K GOST 7502-98 with a tape length of 5 m and a grating period of 1 mm, accuracy class – 3. Humidity and temperature measurements were carried out using a thermohygrometer REXANT (Art. 70-0515). Vibration simulation was

performed by moving the box in three planes with visual acceleration control using the software product "Vibration Meter 1.3.6 APK" installed on the iPhone 5 smartphone. The smartphone was placed directly on the apples during the process of simulating vibrations. The maximum acceleration value ($a_{max}=1.2 \text{ m/s}^2$) used to simulate the vibration process was determined by the authors earlier when conducting field test on roads with different surfaces. Statistical indicators were calculated and dependencies were built using MS Excel spreadsheets from the MS Office 2016 package. Tables from the site <http://chemstat.com.ru/> were used to find the Fisher's variance ratio and Student t-test. **Results and conclusion.** The results of measuring the mass and diameter of apples showed that the selected group of apples corresponds to the main indicators of the "Idared" variety. Measuring the temperature in empty boxes showed almost complete identity of the nature of its change over a period of more than 24 hours. Absolute temperature deviations by 0.80°C did not exceed the measurement error of the thermohydrometer. In this case, the relative humidity in empty boxes is significantly reduced by linear law within the range of 46 ... 39% for the box intended for the control group of apples, and 46...40% – for the box intended for the experimental group of apples. Based on the results of humidity measurements dependences of its change for two groups of apples are constructed: the control group (which does not experience external shock-vibration effects) and the experimental group (which is subjected to vibrations typical for transportation in the car body in boxes). The obtained dependencies have a correlation coefficient not lower than $r_{xy}=0.9751$ and a low average approximation error not higher than $A=5.1\%$. It's allows to use them to predict changes in humidity of a whole spectrum of apple varieties with similar physical and mechanical characteristics. A significant change in the appearance of apples in the experimental group in relation to the control group was revealed – it does not allow them to be used for retail or wholesale sales after 3-4 days of storage. In addition, there were no significant changes in temperature for both groups for 10 days.

Key words: *apple external appearance, damage, humidity, regressional dependences, storage, temperature.*

Citation. Simdiankin A. A., Uspensky I. A., Belyu L. P., Filiushin O. V. Apples' damage after transportation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 346-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34.

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 631.243:634.11:565.16

СОХРАННОСТЬ ПЛОДОВ НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

А. А. Симдянкин, доктор технических наук, профессор

И. А. Успенский, доктор технических наук, профессор

Л. П. Белю, аспирант

О. В. Филюшин, соискатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»,
Рязань, Россия

Дата поступления в редакцию 17.01.2020

Дата принятия к печати 28.04.2020

Актуальность. Покупатели плодоовощной продукции при выборе товара руководствуются, в первую очередь, его внешним видом. Это может быть не идеальный по форме фрукт или овощ, но обязательно спелый и крепкий. Слишком крупные, глянцевые, ровные и без изъянов, как и плоды с изъянами, потребитель предпочитает не покупать. Именно поэтому ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе. **Объект.** Выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении. **Материалы и методы.** Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и

накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где проводились эксперименты, на показания оборудования. Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR. Измерения диаметра плодов осуществлялись с помощью рулетки Р5УЗК ГОСТ 7502-98 с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3. Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515). Имитация вибраций осуществлялась перемещением коробки в трех плоскостях с визуальным контролем ускорений с помощью программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 APK», установленного на смартфон iPhone 5. В процессе имитации вибраций смартфон был размещен непосредственно на плодах. Максимальная величина ускорения ($a_{\max}=1,2 \text{ м/с}^2$), использованная при имитации процесса вибраций, была определена авторами ранее при проведении натурных исследований на дорогах с различным покрытием. Расчет статистических показателей и построение зависимостей осуществлялось с помощью электронных таблиц MS Excel из пакета MS Office 2016. Для нахождения критериев Фишера и Стьюдента были использованы таблицы с сайта <http://chemstat.com.ru/>. **Результаты и выводы.** Результаты измерения массы и диаметра плодов показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред». Измерение температуры в пустых ящиках показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более, чем 24 часа. Абсолютные отклонения температуры на $0,8^\circ\text{C}$ не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46-39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46-40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов. По результатам замеров влажности построены зависимости ее изменения для двух групп плодов: контрольной (не испытывающей внешнего ударно-вибрационного воздействия) и экспериментальной – подвергнутой вибрациям, характерным для перевозки в кузове автомобиля в ящиках. Полученные зависимости имеют коэффициент корреляции не ниже $r_{xy}=0,9751$ и невысокую среднюю ошибку аппроксимации – не выше $A=5,1\%$, что позволяет использовать их для прогнозирования изменения влажности целого спектра сортов плодов с аналогичными физико-механическими характеристиками. Выявлено существенное изменение внешнего вида плодов в экспериментальной группе по отношению к контрольной, не позволяющее уже после 3-4 дней хранения использовать их для реализации через розничную или оптовую торговлю. Кроме того, зафиксировано отсутствие существенных изменений температуры для обеих групп в течение 10 суток.

Ключевые слова: перевозка плодов, сохранность плодов, хранение плодов, товарный вид плодов, транспортировка плодоовощной продукции.

Цитирование. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Повреждаемость плодов в результате транспортировки. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 346-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-34.

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. Хорошо известно, что покупатель плодоовощной продукции при выборе товара руководствуется, в первую очередь, внешним видом – это может быть не идеальный по форме фрукт или овощ, но обязательно спелый и крепкий. Слишком крупные – нехарактерные для этого вида продукции плоды – глянцевые и ровные без изъянов, равно как и плоды с изъянами внешней кожицы, покупатель предпочитает отложить в сторону. Именно поэтому ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе. Например, X5 Retail Group – в рамках существующих стандартов – в своем каталоге качества предъявляет следующие требования к плодоовощной продукции:

- отсутствие ухудшающих товарный вид механических повреждений;
- отсутствие налетов плесени и других признаков заболеваний;
- отсутствие земли, грязи, листьев, следов удобрений;

- отсутствие повреждений вредителями;
- отсутствие аномальной внешней влажности;
- отсутствие посторонних запахов и/или привкусов и др.

Для плодов в вышеуказанном каталоге установлены следующие требования к состоянию плодов: они должны перенести транспортировку и погрузочно-разгрузочные работы, которые могут вызвать недопустимые «внешние» дефекты, такие как сухие повреждения кожуры или нажимы более чем на 30 % поверхности плодов. Не допускаются также такие дефекты, как потемневшие нажимы (>10 мм диаметром) с охватом более 30 % поверхности и проникающими в мякоть плода механическими повреждениями.

В свою очередь «Оливье Супермаркет», повторяя некоторые позиции X5 Retail Group, устанавливает дополнительные требования относительно сохранности плодов: плоды не должны иметь повреждений кожицы и мякоть не должна иметь признаков старения.

В мире проблемам сохранности плодоовощной продукции посвящено очень большое количество исследований [2, 3, 5, 6], но все они теряют свою актуальность, если перевозчик не выполняет требования по «бережному» перемещению их из пункта «А» в пункт «Б».

Проблемы сохранности грузов для перевозчиков плодоовощной продукции во многом определяются требованиями к логистике [11, 14] и процессу перевозки [9, 12, 13], а также погрузки – разгрузки [10]. Поэтому неудивительно, что работы многих специалистов посвящены оценке ударно-вибрационного воздействия при транспортировке [1, 4, 8] и оценке уже полученного продукцией ущерба в результате перевозки [7].

Цель исследования – оценка внешних повреждений плодов, изменения температуры и влажности в закрытой таре после имитации перевозки по щебеночной дороге в весенне-зимний период.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов был выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении. Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где эксперименты проводились, на показания оборудования.

Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR:

- минимальная взвешиваемая масса, г – 1;
- максимальная масса, г – 5000;
- погрешность, г ± 2 .

Измерения диаметра плодов осуществлялось с помощью рулетки Р5УЗК ГОСТ 7502-98 с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3.

Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515):

- диапазон рабочих температур встроенного датчика, 0С -10...+50;
- погрешность встроенного датчика, 0С ± 2 ;
- диапазон рабочих температур внешнего датчика, 0С -50...+70;
- погрешность внешнего датчика, 0С ± 3 ;
- диапазон относительной влажности, % 20...90;
- погрешность измерения относительной влажности, % ± 3 .

Имитация вибраций осуществлялась перемещением коробки в трех плоскостях с визуальным контролем ускорений с помощью программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК», установленного на смартфон iPhone 5. В процессе имитации вибраций смартфон был размещен непосредственно на плодах. Максимальная величина

ускорения ($a_{max}=1,2 \text{ м/с}^2$), использованная при имитации процесса вибраций, была определена авторами ранее при проведении натурных исследований на дорогах с различным покрытием.

Расчет статистических показателей и построение зависимостей осуществлялось с помощью электронных таблиц MS Excel из пакета MS Office 2016.

Для нахождения критериев Фишера и Стьюдента были использованы таблицы с сайта <http://chemstat.com.ru/>.

Результаты и обсуждение. Результаты измерения массы и диаметра плодов (рисунок 1) показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред».

Измерение температуры в пустых ящиках, закрытых сверху стеклом, показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более, чем 24 часа (рисунок 2).

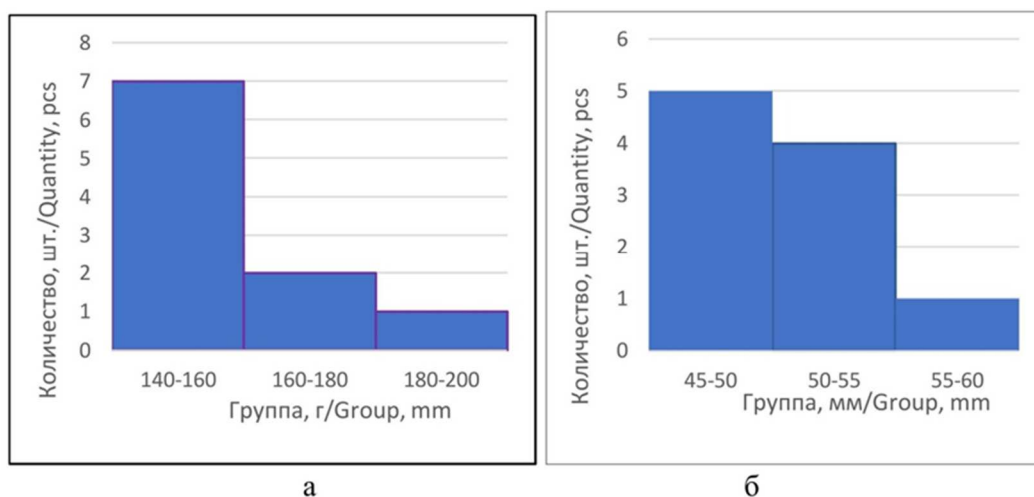


Рисунок 1 – Результаты измерения масс (а) и диаметров (б) плодов

Figure 1 – Results of measuring the mass (a) and diameter (b) of apples

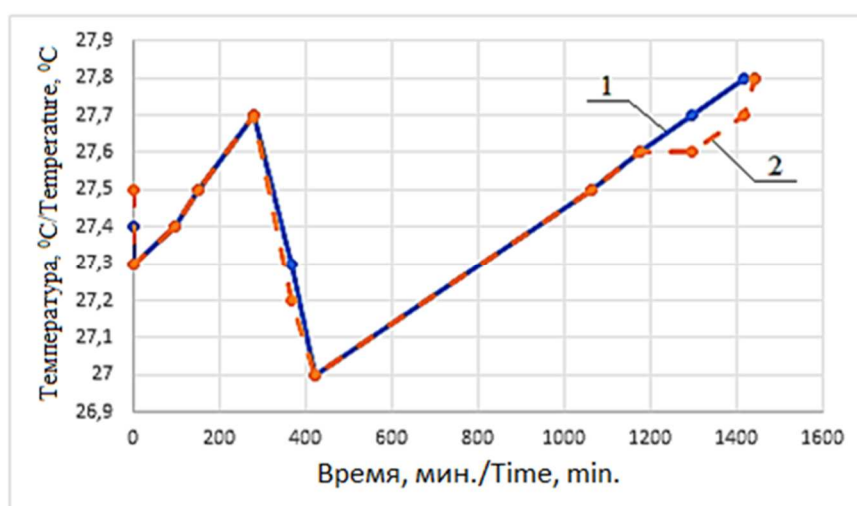


Рисунок 2 – Результаты измерения температуры в пустых ящиках:

1 – предназначен для контрольной группы; 2 – для экспериментальной группы

Figure 2 – Results of temperature measurement in empty boxes:

1 – for the control group; 2 – for the experimental group

Абсолютные отклонения температуры на $0,8^{\circ}\text{C}$ не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46...39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46...40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов.

Далее, двадцать плодов были разделены на две группы, одна из которых подверглась воздействию ударно-вибрационных нагрузок с ускорением, не превышающим $1,2 \text{ м/с}^2$ (экспериментальная группа). При этом контроль значений ускорения осуществлялся путем фиксации показаний программным обеспечением «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК».

Измерения температуры в заполненных плодами коробках экспериментальной и контрольной групп, проводимые в течение более чем 120 часов, показали также несущественные колебания величины в пределах $0,7^{\circ}\text{C}$ (рисунок 3). Такое малое изменение температуры в пустых и заполненных коробках, вероятно, определяется колебаниями температуры в помещении, где проводились эксперименты.

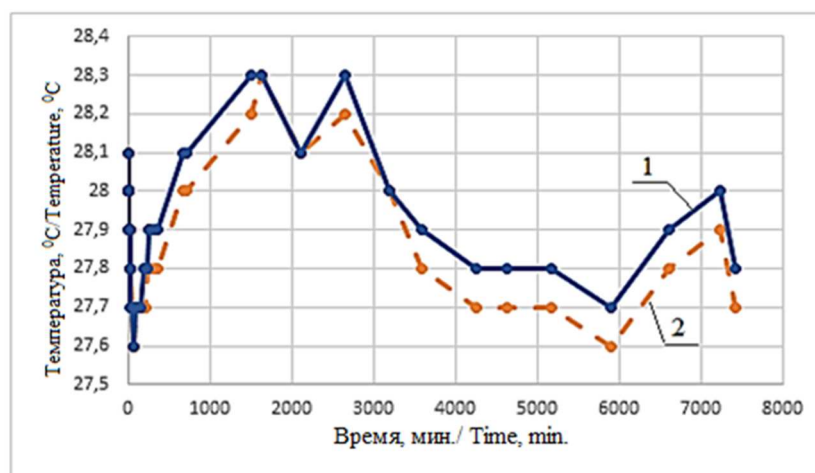


Рисунок 3 – Результаты измерения температуры в наполненных плодами ящиках:
1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Figure 3 – Results of temperature measurement in boxes filled with apples: 1-control group;
2-experimental group

Результаты измерения относительной влажности в заполненных плодами коробках – экспериментальной и контрольной – приведены на рисунке 4. Повышение влажности для экспериментальной группы плодов можно объяснить повреждениями их кожуры и мякоти, что вызывает повышенное сокоотделение. Изменение относительной влажности в коробках может быть хорошо описано нижеприведенными логарифмическими зависимостями.

Для контрольной группы:

$$\varphi_{\text{конт}} = 4,8602 \cdot \ln(t) + 30,021, \quad (1)$$

где t – время, мин.

Для экспериментальной группы (обозначения те же):

$$\varphi_{\text{эксп}} = 5,1255 \cdot \ln(t) + 42,092. \quad (2)$$

Оценка регрессионных уравнений осуществлялась с применением критерия Фишера и показала их адекватность описываемому процессу. Средние ошибки аппроксимации для уравнений не превысили значений 5,1 % – для контрольной группы и 2,9 % – для экспериментальной.

Интересным фактом является колебательный характер разности относительных влажностей контрольной и экспериментальной групп (рисунок 5). Эта зависимость – с некоторой временной задержкой – хорошо коррелирует с изменением температуры в коробках, заполненных плодами (рисунок 3).

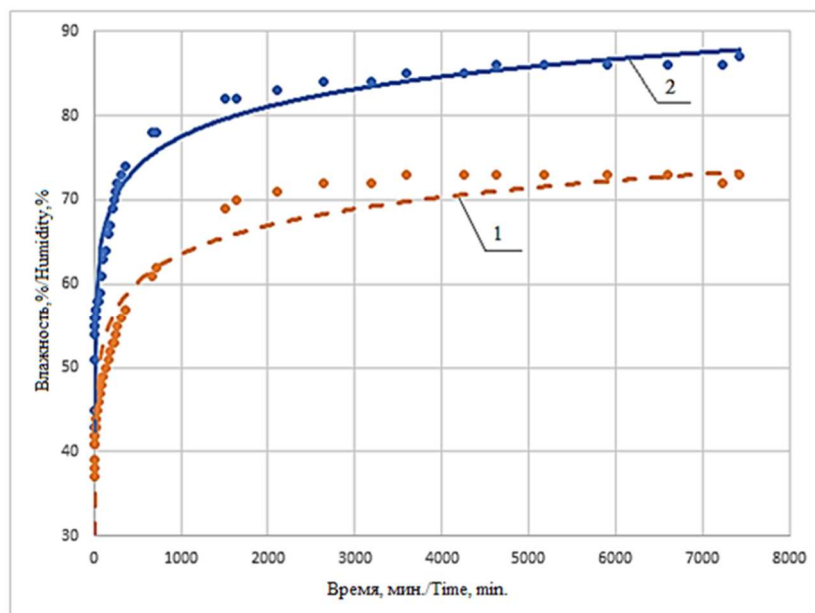


Рисунок 4 – Изменение влажности в ящиках с плодами:

1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Figure 4 – Changing the humidity in apple boxes: 1 – control group; 2 – experimental group

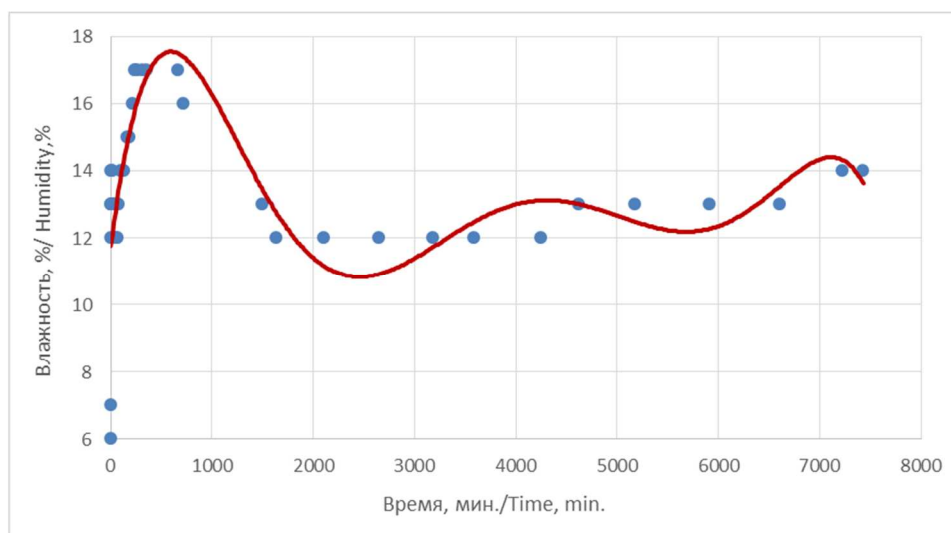


Рисунок 5 – Разность относительной влажности в ящиках с экспериментальной и контрольной группами плодов (точки – экспериментальные данные, линия – аппроксимирующая кривая)

Figure 5 – The difference in relative humidity in boxes with experimental (points) and control (approximating curve) groups of apples

Внешний вид плодов в коробках – экспериментальная и контрольная группы после 120 часов эксперимента – показан на рисунке 6. В экспериментальной группе хорошо видны повреждения кожуры, затрагивающие мякоть плода, существенно ухудшающие товарный вид.



Рисунок 6 – Внешний вид плодов в ящиках после 5 суток замеров температуры и влажности:
а – контрольная группа; б – экспериментальная группа

Figure 6 – Appearance of apples in boxes after 5 days of temperature and humidity measurements:
a – control group; b – experimental group

Выводы. Таким образом, по результатам экспериментальных исследований можно констатировать следующее:

- даже достаточно плотная укладка в таре плодов устойчивого к повреждениям сорта не гарантирует сохранности плодов при наличии колебательных нагрузок, причем при сравнительно невысоких значениях ускорения;
- температура в коробках с плодами определяется температурой внешнего помещения, где эти коробки располагаются;
- влажность в коробках с плодами существенно возрастает при их повреждении – на 11-17 % по отношению к контрольной группе – и способствует ускорению процессов гниения плодов;
- потеря товарного вида плодов происходит уже на 3-4 день после ударно-вибрационного воздействия, при этом уже нельзя вести речь об их последующем хранении.

Эти выводы накладывают существенные ограничения на перевозку плодов в таре по дорогам с неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия. Вероятно, для таких дорог должна применяться специализированная тара, гасящая знакопеременные нагрузки и не допускающая соударения плодов друг с другом и со стенками тары.

Библиографический список

1. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 22826. P. 49-55.
2. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of 'Golden delicious' and 'York' apple fruit / Teixeira G.H. de Almeida, V. Meakem, C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, S. R. Whitehead // Environmental and Experimental Botany. 2020. Volume 173. Article 104005.
3. Cuticular wax composition changes of 10 apple cultivars during postharvest storage / Y. Chai, A. Li, S. C. Wai, C. Song, Q. Lin // Food Chemistry. 2020. Volume 32415. Article 126903.
4. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Postharvest Biology and Technology. 2018. Vol. 146. P. 79-89.

5. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes / P. K. Piyush Kumar Jha, S. Chevallier, E. Xanthakis, V. Jury, A. Le-Bail // Food Chemistry. 2020. Volume 30930. Article 125594.

6. Effect of vibration on storage quality and ethylene biosynthesis-related enzyme genes expression in harvested apple fruit / F. Lu, F. Xu, Z. Li, Y. Liu, L. Zhang // Scientia Horticulturae. 2019. Volume 24930. P. 1-6.

7. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit / F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li // Food Chemistry. 2020. Vol. 30315. Article 125424.

8. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 154. P. 1-9.

9. Opara Umezuruike L., Fadiji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package // Scientia Horticulturae. 2018. Volume 2273. P. 154-161.

10. Scheffler Otto C., Coetzee Corné J., Opara Umezuruike L. A discrete element model (DEM) for predicting apple damage during handling // Biosystems Engineering. 2018. Vol. 172. P. 29-48.

11. Springael J., Paternoster A., Braet J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs) // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Volume 146. P. 136-144.

12. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, L. Chen, O. Chukwu, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 118. P. 111-119.

13. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, P. Pathare, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 111. P. 286-296.

14. 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, A. A. Simdiankin, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, I. A. Uspensky, I. K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13(10). P. 3502-3508.

Conclusions. Thus, according to the results of experimental studies, we can state the following:

1. even a sufficiently tight packing of apples of a variety resistant to damage does not guarantee fruit safety in the presence of vibrational loads, moreover, at relatively low acceleration values;

2. the temperature in the boxes with apples is determined by the temperature of the external room where these boxes are located;

3. humidity in fruit boxes increases significantly when they are damaged - by 11 ... 17% in relation to the control group - and helps to accelerate the processes of rotting apples;

4. The loss of presentation of apples occurs already 3-4 days after shock-vibration exposure, while it is no longer possible to talk about their subsequent storage.

These findings impose significant restrictions on the transportation of apples in containers on roads with poor road conditions. Probably, for such roads, specialized containers should be used, which extinguish alternating loads, and do not allow the fruit to collide with each other and with the walls of the container

References

1. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 22826. P. 49-55.

2. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of 'Golden delicious' and 'York' apple fruit / Teixeira G.H. de Almeida, V. Meakem, C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, S. R. Whitehead // Environmental and Experimental Botany. 2020. Volume 173. Article 104005.

3. Cuticular wax composition changes of 10 apple cultivars during postharvest storage / Y. Chai, A. Li, S. C. Wai, C. Song, Q. Lin // Food Chemistry. 2020. Volume 32415. Article 126903.
4. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Postharvest Biology and Technology. 2018. Vol. 146. P. 79-89.
5. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes / P. K. Piyush Kumar Jha, S. Chevallier, E. Xanthakis, V. Jury, A. Le-Bail // Food Chemistry. 2020. Volume 30930. Article 125594.
6. Effect of vibration on storage quality and ethylene biosynthesis-related enzyme genes expression in harvested apple fruit / F. Lu, F. Xu, Z. Li, Y. Liu, L. Zhang // Scientia Horticulturae. 2019. Volume 24930. P. 1-6.
7. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit / F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li // Food Chemistry. 2020. Vol. 30315. Article 125424.
8. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 154. P. 1-9.
9. Opara Umezuruike L., Fadji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package // Scientia Horticulturae. 2018. Volume 2273. P. 154-161.
10. Scheffler Otto C., Coetzee Corné J., Opara Umezuruike L. A discrete element model (DEM) for predicting apple damage during handling // Biosystems Engineering. 2018. Vol. 172. P. 29-48.
11. Springael J., Paternoster A., Braet J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs) // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Volume 146. P. 136-144.
12. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage / T. Fadji, J. Coetzee Corné, L. Chen, O. Chukwu, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 118. P. 111-119.
13. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design / T. Fadji, J. Coetzee Corné, P. Pathare, L. Opara Umezuruike // Postharvest Biology and Technology. 2016. Volume 111. P. 286-296.
14. 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, A. A. Simdiankin, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, I. A. Uspensky, I. K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13(10). P. 3502-3508

Authors Information

Simdyankin Arkady Anatolyevich, Professor, Department of Technical Operation of Transport, FSBEI HE Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva "(390044, Russia, Ryazan, Kostycheva St., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: seun2006@mail.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Head of the Department "Technical Operation of Transport" FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva "(390044, Russia, Ryazan, Kostycheva St., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Belyu Lyudmila Petrovna, post-graduate student of the Department of "Technical Operation of Transport" Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev "(390044, Russia, Ryazan, Kostychev St., 1). E-mail: mila2807@bk.ru

Filyushin Oleg Vladimirovich, applicant for the Department of "Technical Operation of Transport" Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev "(390044, Russia, Ryazan, Kostychev St., 1). E-mail: olegfil93@mail.ru

Информация об авторах

Симдянкин Аркадий Анатольевич, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г Рязань, ул Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор. E-mail: seun2006@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор. E-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Белю Людмила Петровна, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1). E-mail: mila2807@bk.ru

Филюшин Олег Владимирович, соискатель кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1). E-mail: olegfil93@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-35

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING QUALITY OF OPERATION OF APPARATUS FOR GRINDING OF ROOT-AND-ROOT PLANTS BY METHOD OF ACTIVE EXPERIMENT

S. N. Shukhanov, A. S. Dorzhiyev

Federal State Budget Scientific Institution

«Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky», Irkutsk

Received 15.12.2019

Submitted 27.04.2020

Summary

The study of the process of crushing root crops allows you to analyze the factors that affect the quality performance of the device. This in turn contributes to the creation of shredders that meet the requirements for them.

Abstract

Introduction. The high-tech development of agricultural production involves modern scientific and technical support for the agricultural sector, including the creation of machines and technologies that work on innovative principles. In this regard, there is no exception technical means for mechanizing the livestock industry in agricultural production, in particular, apparatus for preparing feed for feeding, namely root crop choppers. To create and justify the parameters of a device grinding food with specified sizes, an experimental setup was invented and manufactured. **Object.** The object of the study is the technological process of preparing root-roots for feeding with the help of an apparatus for their grinding. **Materials and methods.** Modern methods of active experiment were used in conducting experiments and processing the obtained results. The qualitative performance of the device was based on the non-parametric Mann-Whitney criterion. The mean value and standard deviation in the format « $M \pm S$ » were used to determine the quantities. To enhance the ability to predefine a target quantitative variable based on several independent factors, a regression analysis method was used. The test error probability was set at 0.05. Statistical 10 and SAS JMP 11 applications were used in the investigation of experiment processing operations. **Results and conclusion.** The main indicator of the quality of functioning of the root crop chopper is «Percentage of particles in the shape of a parallelepiped». This key indicator depends on the factors «Height of the horizontal knife relative to the blade with knives (mm)», «Step of vertical knives (mm)» and «Cutting speed (revolutions per minute)». An analysis of the data obtained allowed us to obtain a regression model formula characterizing the quality indicators of the apparatus for grinding root crops. According to the results of active simulation of the response «Percentage of particles in the shape of a parallelepiped», we can conclude that the most important combination of factors is the set: «The height of the horizontal knife relative to the blade with knives (mm)», «The step of vertical knives (mm)» and «Cutting speed (rpm)». The model has a high level of forecast quality ($R^2 = 94\%$).

Key words: *agro-industrial complex, agricultural production, analysis of factors, grinder of korneklubneplod, quality of work, experiments.*

Citation. Shukhanov S. N., Dorzhiyev A. S. Analysis of factors affecting quality of operation of apparatus for grinding of root-and-root plants by method of active experiment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 356-363 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-35.

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

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

УДК 631.361.8

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ АППАРАТА
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ МЕТОДОМ АКТИВНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА****С. Н. Шуханов**, доктор технических наук, профессор**А. С. Доржиев**, аспирант*ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»,
г. Иркутск, Россия*

Дата поступления в редакцию 15.12.2019

Дата принятия к печати 27.04.2020

Актуальность. Высокотехнологичное развитие сельскохозяйственного производства предполагает современное научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса, в том числе создание машин и технологий, работающих на инновационных принципах. Не составляют исключения в этом плане технические средства для механизации животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства, в частности аппараты для подготовки кормов к скармливанию, а именно измельчители корнеклубнеплодов. Для создания и обоснования параметров устройства, измельчающего корм с заданными размерами, изобретена и изготовлена экспериментальная установка. **Объект.** Объектом исследования является технологический процесс подготовки корнеклубнеплодов к скармливанию с помощью аппарата для их измельчения. **Материалы и методы.** При проведении опытов и обработке полученных результатов использовались современные методы активного эксперимента. Качественные показатели функционирования устройства проводились на основе непараметрического критерия Манна-Уитни. Для определения количественных показателей применялись среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ ». Чтобы расширить возможности предопределения некоторой целевой количественной переменной на базе нескольких независимых факторов использовался способ регрессивного анализа. Значение вероятности ошибки опыта было установлено на уровне 0,05. При исследовании операций по обработке результатов экспериментов использовались прикладные программы Statistica 10 и SAS JMP 11. **Результаты и выводы.** Главным показателем качества функционирования измельчителя корнеклубнеплодов является «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда». Этот ключевой показатель зависит от факторов «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)», «Шаг вертикальных ножей (мм)» и «Скорость резания (оборотов в минуту)». Анализ полученных данных позволил получить формулу регрессионной модели, характеризующую показатели качества работы аппарата для измельчения корнеклубнеплодов. По результатам активного моделирования отклика «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда» можно заключить, что наиболее важным сочетанием факторов является набор: «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)», «Шаг вертикальных ножей (мм)» и «Скорость резания (оборотов в минуту)». Модель имеет высокий уровень качества прогноза ($R^2 = 94\%$).

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, сельскохозяйственное производство, анализ факторов, измельчители корнеклубнеплодов, качество работы, эксперименты.

Цитирование. С. Н. Шуханов, А. С. Доржиев. Анализ факторов, влияющих на качество работы аппарата для измельчения корнеклубнеплодов методом активного эксперимента. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 356-363. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-35.

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. Высокотехнологичное развитие сельскохозяйственного производства предполагает современное научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса, в том числе создание машин и технологий, работающих на инновационных

принципах [2, 3, 9-12]. Не составляют исключения в этом плане технические средства для механизации животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства, в частности аппараты для подготовки кормов к скармливанию [5, 6]. Измельчению корнеклубнеплодов посвящен ряд работ ученых.

Новое техническое решение аппарата для измельчения корнеклубнеплодов описано в изыскании [7] Савиных П. А., Булатовым С. Ю. и Смирновым Р. А. Изучению условий заземления клубней в измельчителе корнеклубнеплодов [4], а также оптимизации функционирования измельчителя [8] посвящены работы Смирнова Р. А. с соавторами.

Несмотря на широкий спектр исследований, не проводились работы по созданию аппарата для резания корнеклубнеплодов на кусочки заданных размеров, что значительно улучшает их поедаемость и усвояемость, а значит увеличивается отдача каждой кормовой единицы [6]. Для разработки и обоснования параметров устройства для измельчения корнеклубнеплодов, отвечающих этим требованиям изобретена и изготовлена экспериментальная установка на уровне патентопригодности.

Материалы и методы. Объектом исследования является технологический процесс подготовки корнеклубнеплодов к скармливанию с помощью аппарата для их измельчения. При проведении опытов и обработке полученных результатов использовались современные методы активного эксперимента. Качественные показатели функционирования устройства проводились на основе непараметрического критерия Манна-Уитни. Для определения количественных показателей применялись среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ ».

Чтобы расширить возможности предопределения некоторой целевой количественной переменной на базе нескольких независимых факторов использовался способ регрессивного анализа. Значение вероятности ошибки опыта было установлено на уровне 0,05. При исследовании операций по обработке результатов экспериментов использовались прикладные программы Statistica 10 и SAS JMP 11 [1].

Результаты исследования. Сущность устройства заключается в следующем. Вертикальные ножи жёстко и под углом 90 градусов установлены к горизонтальным ножам, причём с образованием вертикальных окон, сформированных сверху плоскостью горизонтального ножа, снизу плоскостью диска, а слева и справа плоскостями вертикальных ножей. Крайние вертикальные ножи пристыкованы своими боковыми плоскостями к торцевым поверхностям окна. Противорез имеет возможность работать с горизонтальными и вертикальными ножами. Расстояние между вертикальными ножами в перпендикулярном направлении к их боковым поверхностям находится в пределах от 15 до 50 мм. В совокупности это позволяет создать режущий аппарат измельчителя корнеплодов, обеспечивающий получение кусочков по форме параллелепипеда. На рисунках 1, 2, 3 и 4 показан режущий аппарат измельчителя корнеплодов, в частности на рисунке 1 показан разрез А – А, на рисунке 2 – разрез Б – Б, на рисунке 3 – разрез В – В (увеличено), на рисунке 4 – вид Г (увеличено). Режущий аппарат состоит из цилиндрического корпуса 4, который одновременно является приёмным бункером; диска 6 с вертикальными 2 и горизонтальными 3 ножами, который жёстко соединён с валом 1 электродвигателя (не показан); противорезов 5, жёстко соединённых с корпусом 4. Кроме того, к диску 6 со стороны, противоположной стороне, на которой размещены ножи 2 и 3, жёстко присоединены швырялки 8, а к корпусу 4, напротив швырялок 8, – выгрузной бункер 7. В диске 6 под горизонтальными 3 ножами выполнены окна по форме прямоугольника. Вертикальные 2 ножи жёстко и под углом 90 градусов установлены к горизонтальным 3 ножам, причём с образованием вертикальных окон, сформированных сверху плоскостью горизонтального 3 ножа, снизу плоскостью диска 6, а слева и справа плоскостями вертикальных 2 ножей. Крайние вертикальные 2 ножи пристыкованы своими боковыми плоскостями к торцевым поверхностям окна, противоре-

зы 5 взаимодействуют с горизонтальными 3 и вертикальными 2 ножами. Расстояние между вертикальными 2 ножами в перпендикулярном направлении к их боковым поверхностям находится в пределах от 15 до 50 мм. Режущий аппарат работает следующим образом. При включении измельчителя (электродвигателя) диск 6 с ножами 2 и 3, а также со швырялками 8 приводится во вращение (против часовой стрелки) от электродвигателя (не показан) посредством вала 1.

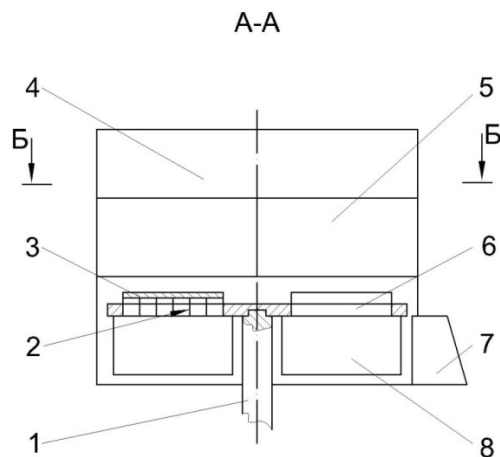


Рисунок 1 – Режущий аппарат измельчителя корнеплодов. Разрез А – А

Figure 1 - Cutting apparatus of root crop grinder. Section A - A

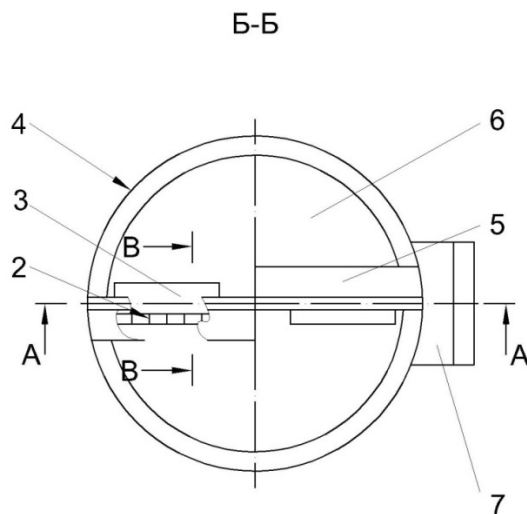


Рисунок 2 – Режущий аппарат измельчителя корнеплодов. Разрез Б – Б

Figure 2 – Cutting apparatus of root crop grinder. Section Б - Б

Загружают продукт в корпус 4 через его верхний срез, который поступает на диск 6 и при взаимодействии с противорезами 5 равномерно распределяется на его торцевой поверхности и подвергается обработке. Горизонтальные и вертикальные ножи оказывают силовое воздействие на продукт, в результате чего продукт разделяется на кусочки по форме параллелепипеда, одна из граней которого соответствует профилю окон, образованных поверхностями деталей режущего аппарата. Длина полученных кусочков равна расстоянию между вертикальными 2 ножами в перпендикулярном направлении к их боковым поверхностям. Измельчённый продукт под воздействием на него ножей 2 и 3 поступает в полость швырялки 8 через окна, выполненные в диске 6 под ножами 3, и далее под воздействием швырялки 8 – в выгрузной бункер 7.

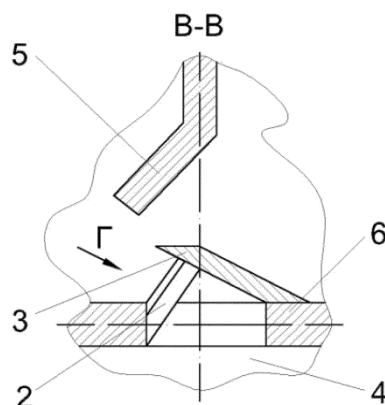


Рисунок 3 – Режущий аппарат измельчителя корнеплодов. Разрез В – В

Figure 3 – Cutting apparatus of root crop grinder. Section B – B

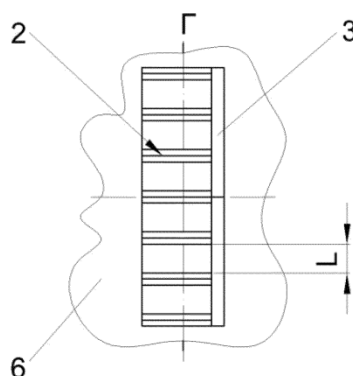


Рисунок 4 – Режущий аппарат измельчителя корнеплодов. Вид Г

Figure 4 – Cutting apparatus of root crop grinder. Type Г.

Главным показателем качества функционирования измельчителя корнеклубнеплодов является «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда». Этот ключевой показатель предположительно зависит от факторов «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)», «Шаг вертикальных ножей (мм)» и «Скорость резания (оборотов в минуту)».

После проведения регрессионного анализа были получены результаты, представленные ниже.

Таблица 1 – Структура регрессионной модели для целевого показателя
 «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда»

Table 1 – Regression Model Structure for Parallelepiped Particle Percentage Target

Фактор / Factor	Бета-коэффициент / Beta coefficient	Коэффициент регрессии / Regression coefficient	Уровень Р / Level P
Константа / Constant		-217,708	<0,0001
Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм) / Height of horizontal knife relative to blade disc (mm)	- 0,338	- 0,325	<0,0001
Шаг вертикальных ножей (мм) / Vertical knife pitch (mm)	- 0,321	- 0,308	<0,0001
Скорость резания (оборотов в минуту) / Cutting speed (rpm)	0,236	0,454	<0,0001

Фактор «Скорость резания (оборотов в минуту)» имеет положительное влияние на ключевой показатель «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда», а факторы «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)» и «Шаг вертикальных ножей (мм)» оказывают отрицательное влияние. Необходимо подчеркнуть, что факторы являются статистически значимыми, что говорит о тесной интеграции их в единую регрессионную модель.

При увеличении «Скорость резания (оборотов в минуту)» на единицу прогнозные значения «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда» будут в среднем увеличиваться на 0,45 единиц. А при увеличении «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)» и «Шаг вертикальных ножей (мм)» на 1 единицу прогнозные значения «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда» будут в среднем уменьшаться на 0,32 и 0,31 единиц соответственно. Наибольшее положительное влияние в регрессионную модель несет фактор «Скорость резания (оборотов в минуту)».

В таблице 2 приведены показатели качества и формула регрессивной модели. Коэффициент детерминации со значением 94 % говорит о высоком прогнозном качестве модели (Уровень $P < 0,0001$).

Таблица 2 – Показатели качества и формула регрессионной модели показателя «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда»

Table 2 – Quality and regression model formula for Parallelepiped Particle Percentage

Значимость регрессии / Importance of regression	$R^2 = 94,3 \%$, Уровень $P < 0,0001$
Формула регрессии / Regression formula	Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда = $-217,71 - 0,33 \cdot \text{Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)} - 0,31 \cdot \text{Шаг вертикальных ножей (мм)} + 0,45 \cdot \text{Скорость резания (оборотов в минуту)}$ / Parallelepiped particle percentage = $-217,71 - 0,33 \cdot \text{Height of horizontal knife relative to knife disc (mm)} - 0,31 \cdot \text{Pitch of vertical knives (mm)} + 0,45 \cdot \text{Cutting speed (rpm)}$

Рисунок 5 наглядно демонстрирует возможности построения модели делать прогнозы и насколько эти прогнозы соответствуют наблюдаемым значениям отклика. Облако точек хорошо выстраивается вдоль линии регрессии, что говорит о тесной связи между прогнозными и реальными значениями отклика.

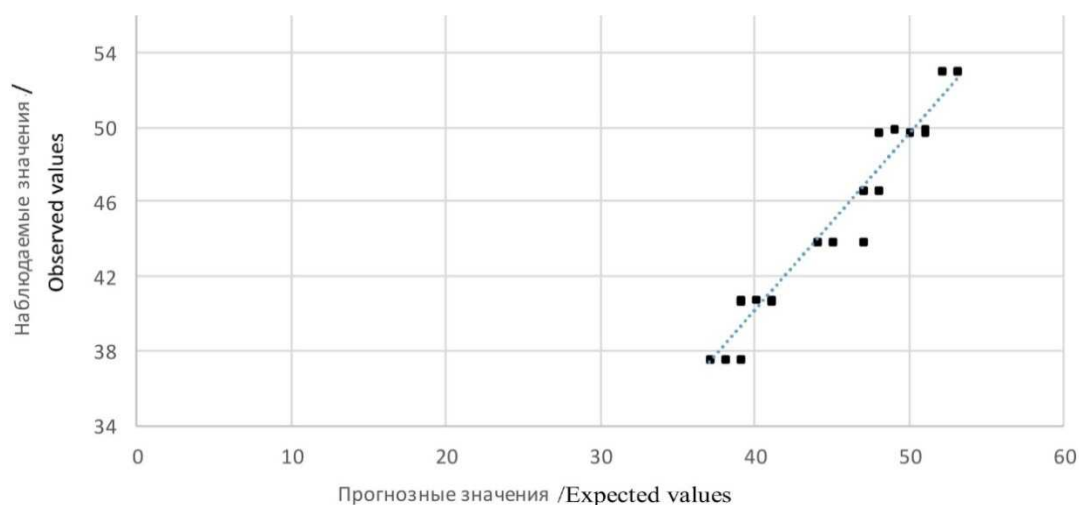


Рисунок 5 – График соответствия наблюдаемых значений прогнозным (модельным)

Figure 5– Graph of observed values dependence on forecast (model) values

Выводы. По результатам активного моделирования отклика «Процентное содержание частиц по форме параллелепипеда» можно заключить, что наиболее важным сочетанием факторов является набор: «Высота горизонтального ножа относительно диска с ножами (мм)», «Шаг вертикальных ножей (мм)» и «Скорость резания (оборотов в минуту)». Модель имеет высокий уровень качества прогноза ($R^2 = 94\%$).

Библиографический список

1. Алгоритм проведения первичной статистической обработки массивов экспериментальных данных / Д. В. Лаухин, А. В. Бекетов, Н. А. Ротт, В. Д. Лаухин // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2017. № 2. С. 222-228.
2. Асалханов П. Г., Иванько Я. М., Полковская М. Н. Модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции с экспертными оценками своевременности посева // Моделирование систем и процессов. 2019. Т. 12. № 3. С. 5-10.
3. Бутенко А. Ф., Асатурян А. В., Чепцов С. М. Экспериментальное определение параметров активного питателя ленточного метателя зерна // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1 (17). С. 17-21.
4. Изучение условий заземления клубней в измельчителе корнеклубнеплодов / А. В. Алешкин, С. Ю. Булатов, П. А. Савиных, Р. А. Смирнов // Вестник НГИЭИ. 2016. № 10(65). С. 54-61.
5. Карпов В. В., Гулевский В. А. Анализ взаимодействия рабочих органов гофрошечных барабанов очистителя кормовых корнеплодов с объектами очистки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 121 – 128.
6. Карпов В. В., Гулевский В. А. Влияние загрязненности и влажности почвенных примесей на эффективность очистки кормовых корнеплодов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 87 – 92.
7. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Измельчитель корнеклубнеплодов // Сельский механизатор. 2013. № 8. С. 40-41.
8. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Оптимизация рабочего процесса измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015. № 3(3). С. 36-42.
9. Хабардин В. Н. Определение экологической безопасности применения мобильных средств технического обслуживания машин // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3 (51). С. 116-121.
10. Constructive - regime parameters of rotor - brush cleaner for tuberous roots dry cleaning / B. Nuralin, A. Bakushev, M. Janaliev, Z. Kubashev, N. Omarova, V. Zakharov // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2018. V. 40. № 2. P. 113.
11. Mathematical model of biogas treatment process with a zeolite filter / V. P. Druzyanova, Yu. Zh. Dondokov, O. M. Osmonov, A. A. Brichagina, O. P. Semenova // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. V.9. № 9. P. 280-288.
12. Shukhanov S. N. Interaction elements of particles of grain lots with air during the work of tape thrower // Agrarian Scientific Journal. 2015. Vol. 12. P. 58-59.

Conclusions. Based on the results of the active simulation of the response "Percentage of particles by parallelepiped shape," it can be concluded that the most important combination of factors is the set: "Height of the horizontal knife relative to the disk with knives (mm)," "Pitch of vertical knives (mm)" and "Cutting speed (revolutions per minute)." The model has a high level of forecast quality ($R^2 = 94\%$).

References

1. Algorithm of primary statistical processing of experimental data arrays / D. V. Laukhin, A. V. Beketov, N. A. Rott, V. D. Laukhin // Visnik Pridniprovskoi power i akademii budivnitsva that architecturn. 2017. № 2. P. 222-228.
2. Asalkhanov P. G., Ivaño Y. M., Polovskaya M. N. Models of Optimization of Agricultural Production with Expert Assessments of Sowing Timeliness // Modeling of Systems and Processes. 2019. Vol. 12. № 3. P. 5-10.

3. Butenko A.F., Asaturyan A. V., Chaptsov S. M. Experimental determination of parameters of the active feeder of the grain belt meter // Journal of APK Stavropol. 2015. № 1 (17). P. 17-21.
4. Study of Conditions of Tuber Pinching in Root Club Grinder / A. V. Aleshkin, S. U. Bulatov, P. A. Savin, R. A. Smirnov // Journal of NGIEI. 2016. № 10 (65). P. 54-61.
5. Karpov V. V., Gulevsky V. A. Analysis of Interaction of Working Bodies of Corrugated Drums of Feed Root Crop Cleaner with Cleaning Facilities // Journal of Voronezh State Agrarian University. 2017. № 2. P. 121 - 128.
6. Karpov V. V., Gulevsky V. A. Impact of contamination and moisture of soil impurities on efficiency of purification of fodder roots // Journal of Voronezh State Agrarian University. 2017. № 3. P. 87 - 92.
7. Savin P. A., Bulatov S. J., Smirnov R. A. Grinder of root-club plants // Rural Mechanizer. 2013. № 8. P. 40-41.
8. Savin P. A., Bulatov S. J., Smirnov R. A. Optimization of the working process of the grinder of roots // Journal of the Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic Sciences. 2015. № 3 (3). P. 36-42.
9. Habardin V. N. Definition of Environmental Safety of Mobile Machine Maintenance Equipment // Far East Agrarian Gazette. 2019. № 3 (51). P. 116 - 121.
10. Constructive - regime parameters of rotor - brush cleaner for tuberous roots 2dry cleaning / B. Nuralin, A. Bakushev, M. Janaliev, Z. Kubashev, N. Omarova, V. Zakharov // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2018. V. 40. № 2. P. 113.
11. Mathematical model of biogas treatment process with a zeolite filter / V. P. Druzyanova, Yu. Zh. Dondokov, O. M. Osmonov, A. A. Brichagina, O. P. Semenova // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. V.9. № 9. P.280-288.
12. Shukhanov S. N. Interaction elements of particles of grain lots with air during the work of tape thrower // Agrarian Scientific Journal. 2015. Vol. 12. P. 58-59.

Information on authors

Stanislav Nikolayevich Shukhanov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Address: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, 664038, Irkutsk Region, Irkutsk District, Youth Village. E-mail: Shukhanov56@mail.ru

Dorzhiev Arsalan Sergeevich, postgraduate student . Address: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, 664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Youth village, 1. E-mail: ar.s.d@mail.ru

Информация об авторах

Шуханов Станислав Николаевич, доктор технических наук, доцент Адрес: Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 1. E-mail: Shukhanov56@mail.ru

Доржиев Арслан Сергеевич, аспирант Адрес: Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 1. E-mail: ar.s.d@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-36

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND METHODS OF HARVESTING MELONS

M. N. Shaprov, A. V. Sedov, A. V. Gurba

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article presents the main operations of the technological process of harvesting of melons, on the analysis of which a classification of technologies and various methods of mechanization of harvesting of melons is made, showing that the production of melons of high quality and with the lowest costs is achieved under the condition of performing a continuous mechanized cleaning, in which the selection and loading of fruits into containers is carried out in one pass through the field.

Abstract

Introduction. The production of melons is a fairly labor-intensive process. Currently, harvesting is performed with the use of manual labor of pickers. The amount of labor spent on performing this operation is related not only to productivity, but also to the level of mechanization of the technological processes performed. Existing technologies and technical means used for the mechanization of the harvesting process are not effective enough, so it is necessary to search for such ways of mechanization of the harvesting process that will completely eliminate manual labor when harvesting melons by using modern machines that meet the requirements for them, have high productivity and provide savings in resources, both labor and material. **An object.** The object of research was technologies and technical means that allow to mechanize the process of harvesting melons. **Materials and methods.** Methods of harvesting melons, technological principles and modes of operation of harvesting machines in terms of quality and efficiency of the technological process were studied. The initial data are obtained from specialized literature, research materials, and experimental data obtained as a result of testing and operation of machines for harvesting melons of Russian and foreign production, in the process of patent search. **Results and conclusions.** The main operations of the technological process of harvesting melons are presented, on the analysis of which a classification of technologies and various methods of mechanization of harvesting melons is made, showing that the production of melons of high quality and with the lowest costs is achieved under the condition of performing a continuous mechanized cleaning, in which the selection and loading of fruits into containers is carried out in one pass through the field with quality control of fruits at a stationary point. However, high requirements for the quality of commercial products are difficult to meet with the current level of development of harvesting machines, so the introduction of promising technology requires the development of modern harvesting machines and the implementation of certain requirements that create the necessary conditions for the operation of harvesting machines.

Key words: *melons, classification, harvesting technology, mechanized technological process, harvesting machine, quality, efficiency, productivity.*

Citation. Shaprov M.N., Sedov A.V., Gurba A.V. Analysis of technologies and methods of harvesting melons. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 363-374 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-36.

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 631.358:635.61/.63

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И СПОСОБОВ УБОРКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

М. Н. Шапров, доктор технических наук, профессор

А. В. Седов, кандидат технических наук, доцент

А. В. Гурба, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Получение продукции бахчевых культур является достаточно трудоемким процессом. В настоящее время уборка урожая выполняется с применением ручного труда сборщиков. Величина затрат труда на выполнение этой операции связана не только с урожайностью, но и с уровнем механизации выполняемых технологических процессов. Существующие технологии и технические средства, используемые для механизации уборочного процесса, недостаточно эффективны, поэтому необходимо осуществлять поиск таких путей механизации уборочного процесса, которые позволят полностью исключить ручной труд при уборке бахчевых культур за счет использования на всех операциях уборочного комплекса современных машин, соответствующих предъявляемым к ним требованиям, обладающих высокой производительностью и обеспечивающих экономию ресурсов как трудовых, так и материальных. **Объект.** Объектом исследований являлись технологии и технические средства, которые позволяют механизировать процесс уборки бахчевых культур. **Материалы и методы.** Исследовались спосо-

бы уборки бахчевых культур, технологические принципы и режимы работы уборочных машин с точки зрения качества и эффективности выполнения технологического процесса. Исходные данные получены из специализированной литературы, материалов научно-исследовательской работы, из опытных данных, полученных в результате испытаний и эксплуатации машин для уборки бахчевых культур российского и зарубежного производства, в процессе патентного поиска. **Результаты и выводы.** Представлены основные операции технологического процесса уборки бахчевых культур, на анализе которых составлена классификация технологий и различных способов механизации уборки бахчевых культур, показывающая, что получение продукции бахчевых культур высокого качества и с наименьшими затратами достигается при условии выполнения сплошной механизированной уборки, при которой подбор и погрузка плодов в контейнеры осуществляются за один проход по полю с контролем качества плодов на стационарном пункте. Однако высокие требования к качеству товарной продукции сложно выполнять при современном уровне развития уборочных машин, поэтому для внедрения перспективной технологии требуется разработка современных уборочных машин и выполнение определенных требований, создающих необходимые условия для работы уборочных машин.

Ключевые слова: бахчевые культуры, классификация, технология уборки, механизированный технологический процесс, уборочная машина, качество, эффективность, производительность.

Цитирование. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Анализ технологий и способов уборки бахчевых культур. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 363-374. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-36.

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. Арбуз, тыква и дыня являются традиционными бахчевыми культурами, которые возделываются в России и во многих странах мира. В нашей стране производство бахчевых культур осуществляется в юго-восточных регионах: Краснодарский и Ставропольский край, Ростовская, Астраханская и Волгоградская области [6].

Получение продукции бахчевых культур является достаточно трудоемким процессом, так как к возделыванию, уборке урожая, транспортировке и хранению плодов предъявляются специфические требования, связанные с особенностями растений и плодов. В связи с этим при возделывании и уборке бахчевых культур необходимо вносить изменения в конструкции серийных машин, позволяющие учитывать эти требования.

В настоящее время технологии и технические средства, используемые для механизации уборочного процесса, недостаточно эффективны, поэтому уборка урожая выполняется с применением ручного труда сборщиков и является наиболее трудоемкой. В среднем на уборку 1 га бахчевых культур затрачивается 30-35 человеко-дней, что составляет около 40-60 % всех затрат на возделывание этих культур. Причем величина этих затрат напрямую связана не только с урожайностью, но и с уровнем механизации выполняемых технологических процессов [12].

Это обстоятельство вынуждает осуществлять поиск таких путей механизации уборочного процесса, которые позволят полностью исключить ручной труд при уборке бахчевых культур за счет использования на всех операциях уборочного комплекса современных машин, соответствующих предъявляемым к ним требованиям, обладающих высокой производительностью и обеспечивающих экономию ресурсов как трудовых, так и материальных.

Целью наших исследований является проведение оценки технологий и способов уборки бахчевых культур с точки зрения качества и эффективности выполнения технологического процесса.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись технологии и технические средства, которые позволяют механизировать процесс уборки бахчевых культур. Исследовались способы уборки бахчевых культур, технологические принципы и режимы работы уборочных машин. Исходные данные получены из специализированной литературы, материалов научно-исследовательской работы, из опытных данных, полученных в результате испытаний и эксплуатации машин для уборки бахчевых культур российского и зарубежного производства, в процессе патентного поиска.

Результаты и обсуждение. В нашей стране и за рубежом уделяют повышенное внимание разработке эффективных уборочных технологий и технических средств, поэтому рассмотрим особенности существующих технологий и применяемых для уборки бахчевых культур машин [2, 5].

Технология уборки бахчевых культур в общем виде включает выполнение непрерывных, взаимосвязанных между собой операций: сбор плодов, погрузка, транспортировка, сортировка и закладка на хранение (рисунок 1).

Перечень выполняемых операций и технология уборки в целом зависят от природно-производственных условий, складывающихся в период уборки урожая и включающих ряд факторов: погодные-климатические условия, календарный срок уборки, сорт и урожайность культуры, размерно-массовые характеристики плодов, конфигурация и размер поля, наличие уборочных и транспортных машин, трудовые и материальные ресурсы, состояние внутрихозяйственных дорог и др.

Своевременная уборка бахчевых культур имеет особое значение, так как на момент уборки плоды должны соответствовать требованиям ГОСТ 7177-2015 «Арбузы продовольственные свежие. Технические условия», ГОСТ 7178-2015 «Дыни свежие. Технические условия» и ГОСТ 7975-2013 «Тыква продовольственная свежая. Технические условия». При ранних сроках уборки можно получить недозрелые плоды, а поздний сбор приводит к перезреванию плодов или повреждению их заморозками. В этих случаях плоды теряют свои вкусовые качества и недолго хранятся.

Немаловажным фактором, который необходимо учитывать при организации уборочного процесса, является одновременность созревания плодов, которая зависит от биологических особенностей растений.

Тыква характеризуется коротким периодом плодоношения и длительным сохранением товарных и вкусовых качеств, поэтому ее плоды можно убирать сплошным сбором в один прием. Арбуз и дыня, в отличие от тыквы, характеризуются более длительным периодом плодоношения, который может продолжаться от одной до нескольких недель, и быстрой потерей вкусовых качеств при перезревании на корню, поэтому уборка плодов арбуза и дыни предполагает проведение нескольких выборочных сборов по мере их созревания и последний сплошной сбор в конце уборки [6]. Многоразовая уборка бахчевых культур позволяет повысить валовый сбор и качество продукции за счет продолжения роста плодов, оставшихся на поле в период между выборочными сборами.

Исследованиями Веселовского М. Я. установлено, что при сплошном сборе вместо многократных выборочных от 4 до 15 % собранных плодов, в зависимости от сорта, являются недозрелыми или перезрелыми.

Раннеспелые сорта арбузов характеризуются более дружным, близким к 100 %, созреванием, поэтому их уборка выполняется за один сбор, а для средне- и позднеспелых сортов арбуза необходимо выполнять 2-3, а в некоторых случаях и более выборочных сборов.

Технология выборочного сбора арбузов подразумевает проведение уборочных работ в четыре этапа. На первом подготовительном этапе убираемое поле разбивают на отдельные участки шириной 25-50 м. Междурядье, попавшее на границу этих участков, аккуратно освобождают для проезда транспорта. Для этого плети растений и недозревшие плоды без повреждений переносят на соседние ряды.

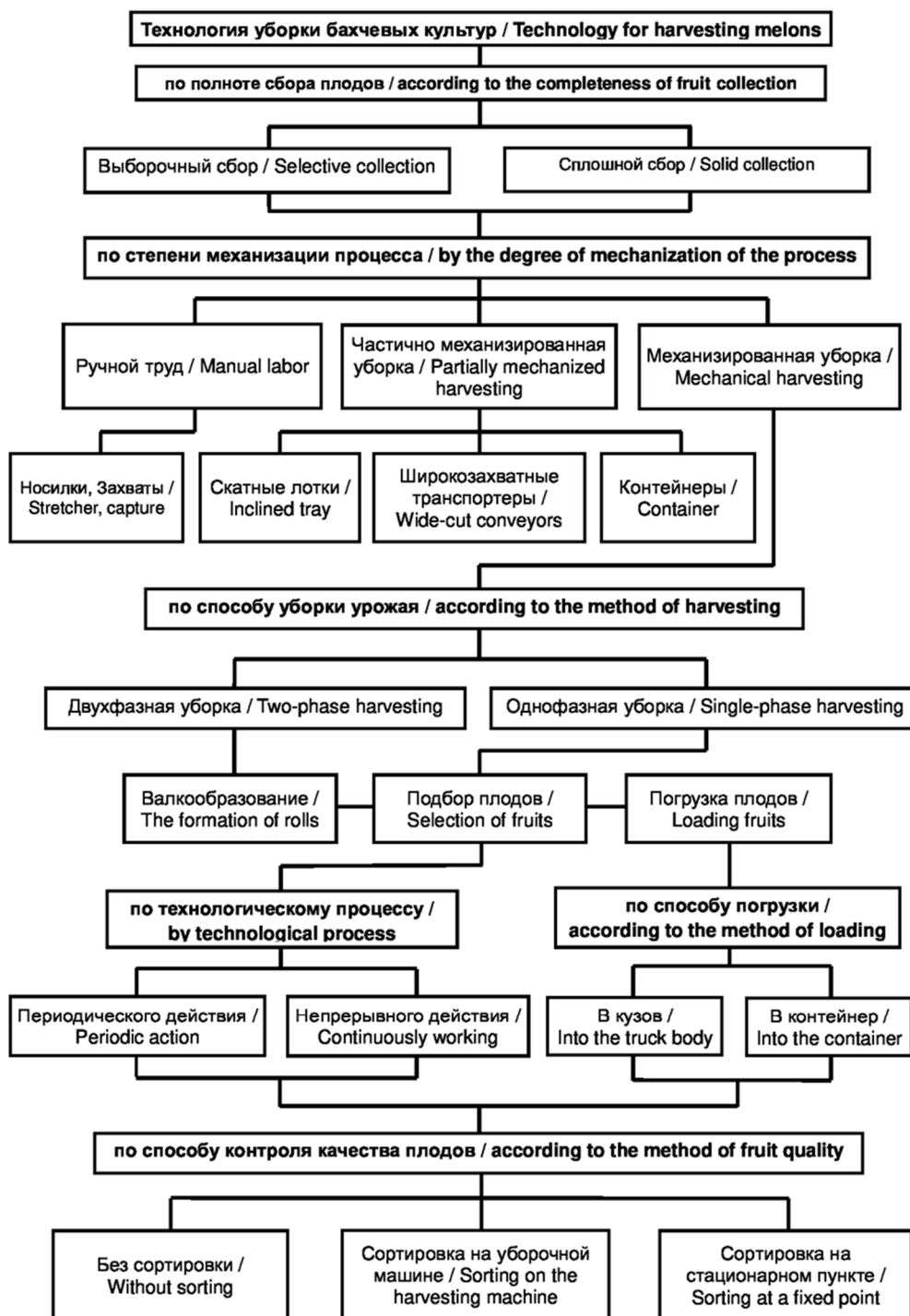


Рисунок 1 – Классификация технологий уборки бахчевых культур

Figure 1 - Classification of technologies for harvesting melons

На втором этапе квалифицированные сборщики выбирают созревшие плоды и собирают их в кучи по 3-5 штук. При этом зрелость плодов они оценивают по косвенным признакам, например, по размеру и цвету плодов, по яркости характерного рисунка, по увяданию плодоножки и др.

На третьем этапе рабочие переносят собранные кучи плодов ближе к очищенному от плетей междурядью. Если расстояние переноски плодов большое и нет достаточного количества рабочих, то перенос куч сначала выполняется на половину этого расстояния, а затем до необходимого междурядья.

И на последнем этапе также вручную выполняется подбор и погрузка собранных в кучи созревших плодов непосредственно в кузов транспортного средства.

Выполнение выборочного сбора требует значительных усилий и наибольшие затраты труда приходятся на третий и четвертый этапы, связанные с переноской куч и последующей погрузкой плодов. Для снижения затрат труда на выполнение этих этапов применяют вспомогательные средства — различного типа носилки, захваты, платформы и тележки, которые позволяют облегчить труд сборщиков плодов, но на повышение производительности они влияют незначительно.

Механизировать выборочный сбор плодов бахчевых культур при современном состоянии уровня техники практически невозможно, так как рабочие органы уборочных машин должны отличать созревшие плоды от незрелых, исключать повреждения плетей растений и учитывать значительные различия в размерах, массе и форме плодов, которые очень чувствительны к механическим воздействиям [9].

В Японии ведутся работы, связанные с разработкой автоматизированного робота для выборочного сбора арбузов. Робот в качестве исполнительного устройства использует гидравлический манипулятор с захватом, который через систему управления связан с камерой, сканирующей изображение плодов в поле. Однако во время испытания была собрана только половина созревших плодов, так как они имели различную степень освещенности, а некоторые были прикрыты покровными листьями [11,14].

Сплошной сбор плодов бахчевых культур применяется при достижении товарной зрелости у 80 % плодов и может быть выполнен как вручную, так и с применением средств механизации этого процесса. При ручном сплошном сборе выполняются аналогичные этапы, что и при выборочном сборе, но с технологической стороны ряд операций упрощается.

Первый подготовительный этап также включает разбивку убираемого поля на участки шириной 25-50 м. Отличие в том, что на данном этапе для проезда транспорта междурядье освобождают только от товарных плодов, которые переносят в кучи или валки на соседнее междурядье.

На втором этапе сборщики срывают товарные плоды арбузов, переносят их на границу убираемого участка и формируют валок или кучу. При выполнении этого этапа возможна непосредственная сортировка плодов, которая не требует высокой квалификации сборщиков.

При большом расстоянии переноски плодов и высокой урожайности возможно выполнение третьего этапа с промежуточным переносом куч или применением скатных лотков.

Если расстояние переноски плодов оптимальное и к уборке привлечено достаточное количество рабочих, то возможно сразу приступить к завершающему этапу подбору валков и погрузке плодов в транспортные средства.

Сплошной ручной сбор плодов вызывает быструю утомляемость сборщиков и является малоэффективным, но при отсутствии уборочных машин и небольшой посевной площади вполне себя оправдывает.

Повысить производительность ручного сбора бахчевых культур на 30-35 % при меньшем количестве рабочих можно за счет использования скатных лотков или желобов. Они представляют собой наклонные плоскости для перекачивания плодов, кото-

рые для удобства перемещения выполняются секционными по 15-18 м. Применение скатных лотков позволяет сократить время, затрачиваемое на перенос плодов по полю и обратный холостой переход к месту сбора, но требует периодического перемещения лотков на другую позицию по мере продвижения сборщиков по убираемому полю.

Частично механизировать процесс уборки бахчевых культур можно за счет применения широкозахватных транспортеров. Наибольшее распространение получил навесной транспортер ТН-12, который был разработан для уборки капусты, но широко использовался для сплошного сбора средне- и позднеспелых сортов бахчевых культур, а также при выборочном сборе раннеспелых сортов в виду близости размерно-массовых характеристик плодов бахчевых культур и кочанов капусты.

Транспортер навешивается на колесный трактор класса 14 кН и состоит из трех секций с транспортерными лентами, которые шарнирно соединены между собой. При сплошном сборе плодов с одновременной погрузкой одну крайнюю секцию поднимают выше борта кузова транспортного средства, которое перемещается по уже убранному полю. При выборочном сборе плоды укладывают в валки для последующего ручного подбора и погрузки, в этом случае боковые секции ставят в горизонтальное положение и дополнительно очищают от плодов и плетей междурядье для прохода уборочного агрегата.

В процессе уборки рабочие, идущие сзади транспортера, отрывают от плетей плоды бахчевых культур и кладут их на транспортер, который подает плоды в выбранном направлении.

Еще одна модель транспортера, используемого для погрузки сорванных сборщиками плодов в транспортное средство, – это широкозахватный плодовой транспортер ТШП-25. Транспортер представляет собой подвесную конструкцию передвижного конвейера, состоящего из отдельных секций. Транспортная ячеистая лента, расположенная в этих крыльях, перемещает собранные плоды к загрузчику плодов, который обеспечивает бережную укладку плодов в кузов транспортного средства независимо от его ширины и высоты.

Также на выборочном или сплошном сборе бахчевых культур может использоваться транспортер овощеуборочный ТОК-18. Транспортирующим элементом в данной конструкции является цепь, на которой закреплены крючки или подвески.

В процессе уборки агрегат передвигается по полю с временными остановками. Во время остановок сборщики срывают вручную спелые плоды и укладывают их в ведро или ящики, которые после заполнения подвешиваются на крючки или ставятся на подвески. Цепь транспортера перемещает собранные в тару плоды с крыльев на площадку транспортера. Заполненная тара снимается двумя рабочими (по одному на каждое крыло) и передается рабочим, стоящим в прицепе, которые распределяют ящики по прицепу или пересыпают плоды с ведер в контейнеры. После снятия заполненной тары на ее место ставится или подвешивается пустая тара.

Применение широкозахватных транспортеров на выборочном или сплошном сборе бахчевых культур повышает производительность труда в 2-4 раза по сравнению с ручной уборкой и позволяет механизировать процесс транспортировки и погрузки плодов, в то время как выбор спелых плодов, их подбор и укладку на транспортер выполняют вручную.

Перспективным способом частичной механизации уборочного процесса является технология ручной загрузки плодов в контейнеры, которые предварительно расставляют по полю в соответствии с урожайностью плодов. После заполнения контейнеров плодами их грузят в кузов прицепа вилчатым погрузчиком, отвозят на склад и разгру-

жают в штабеля. Данный способ позволяет существенно облегчить погрузку и транспортировку плодов, но при неравномерной урожайности сложно рассчитать необходимое количество контейнеров и шаг их расстановки.

Механизированная уборка бахчевых культур предусматривает проведение уборочных работ без использования ручного труда и по способу уборки возможны два варианта проведения уборочного процесса: двухфазная и однофазная уборка.

Двухфазная уборка выполняется двумя технологическими машинами за два прохода по полю и включает в себя: предварительное скатывание плодов в валок и последующий подбор и погрузку плодов в кузов транспортного средства из сформированного валка.

Первая операция двухфазной уборки производится с помощью валкообразователей, на клинообразную раму которых могут устанавливаться активные или пассивные рабочие органы. При движении агрегата по полю плоды встречаются с установленной под углом планкой, отрываются от плетей и перекатываются вдоль рабочих органов в валок. Однако отсутствие копирующей способности и силовое воздействие на плоды приводят к повреждению до 25 % урожая. Кроме этого, в валок сдвигается земля, застревают плети и растительные остатки, что затрудняет дальнейший машинный подбор этих валков.

Вторая операция двухфазной уборки - подбор и погрузка плодов в транспортное средство – выполняется различными по конструкции подборщиками. Чаще всего эти операции совмещаются в одной уборочной машине, имеющей небольшую ширину захвата подбирающих рабочих органов, так как ширина предварительно сформированного валка не превышает величину 1-1,5 м. При движении подборщика вдоль валка плоды захватываются рабочими органами, отрываются от поверхности поля и направляются на загрузочный транспортер.

Однофазная уборка выполняется одной уборочной машиной, которая обеспечивает подбор и погрузку плодов в кузов транспортного средства, за один проход по полю. По сравнению с двухфазной однофазная уборка более эффективна за счет сокращения выполняемых технологических операций, так как при этом способе уборочные машины работают напрямую без валкообразования.

Машины для выполнения однофазной уборки должны иметь большую ширину захвата, сопоставимую с шириной захвата валкообразователей, и больший радиус действия рабочих органов. Технологический процесс этих машин заключается в захвате плодов рабочими органами, перемещении их к центру машины с отрывом от плетей, а затем подъем плодов на лоток или платформу и направление на загрузочный транспортер [10].

Следовательно, можно сделать вывод, что уборочные машины, применяемые при двухфазной и однофазной уборке, выполняют практически аналогичные технологические процессы за исключением того, что в первом случае плоды подбираются из валка, а во втором – непосредственно с поля. И в том и в другом случае выполнение операций подбора плодов представляет наибольшие затруднения, поэтому машины для уборки бахчевых культур имеют различные конструктивные особенности и по характеру выполнения технологического процесса подразделяются на машины периодического и непрерывного действия.

Технологический процесс подборщиков периодического действия заключается в закатывании плодов в различные конструкции накопителей, которые по мере наполнения разгружаются в контейнер, бункер или на загрузочный транспортер. Однако цикличность процесса подбора плодов и малый объем приемных устройств ограничивают применение таких машин на полях с высокой урожайностью. Также применение машин периодического действия ограничивается повреждением плодов при ударном воздействии лопастей, граблин, ковшей и прутков в момент их захвата и подъема.

Машины непрерывного действия лишены этого недостатка, так как в качестве подбирающих устройств используют бесконечные рабочие поверхности в виде транспортеров, барабанов, роторов или дисков, захватывающие плоды без больших ускорений и ударных воздействий в начальный момент перемещения плодов.

Несмотря на долгие работы по совершенствованию конструкций машин для подбора плодов бахчевых культур серийного промышленного производства они не получили, так как неспособны выполнить качественную уборку плодов бахчевых культур вследствие недостаточной технологической работоспособности рабочих органов применяемых уборочных машин [3, 4].

Сохранение товарных качеств плодов бахчевых культур зависит не только от их биологических свойств (прочность коры и мякоти, химический состав, влажность), но и способа погрузки в транспортное средство. Для плодов тыквы, средне- и позднеспелых сортов арбуза допускается погрузка в кузов транспортного средства навалом. Этот способ погрузки выполняют практически все конструкции подборщиков [1,13].

Для снижения потерь и сохранения качества продукции при погрузке дно кузова автотранспорта или тракторного прицепа застилают соломой или опилками толщиной не менее 20 см и обеспечивают высоту укладки плодов не более 1,5 м для тыквы и не более 1,3 м для арбузов.

Вторым способом погрузки плодов бахчевых культур является использование контейнеров, которые для загрузки устанавливаются в кузов прицепа и загружаются плодами с помощью подборщика [8]. Заполненные контейнеры отвозят на склад или пункт приема и вилочным погрузчиком разгружают в штабеля.

Погрузка бахчевых культур с применением контейнеров позволяет облегчить транспортировку, разгрузку и хранение плодов, но требует больших затрат на первоначальную закупку контейнеров и тесно связана с выполнением большого количества погрузочно-разгрузочных операций, что усложняет процесс уборки.

Устранить данный недостаток контейнерной технологии уборки плодов бахчевых культур можно за счет использования погрузочно-транспортного агрегата – контейнеровоза, работающего совместно с подборщиком плодов [7]. В процессе уборки подборщик осуществляет погрузку плодов в контейнеры верхнего яруса, которые после заполнения опускаются на нижний ярус, а пустые контейнеры поднимаются вверх. Таким образом, происходит поочередное заполнение всех контейнеров на обоих ярусах. После этого они доставляются на приемный пункт, где осуществляется разгрузка заполненных контейнеров и устанавливаются пустые.

Эта перспективная технология находится на стадии разработки и позволит существенно снизить эксплуатационные затраты на уборку и транспортировку плодов бахчевых культур.

При закладке плодов на хранение или реализацию в торговой сети необходимо выполнение наиболее ответственной операции – сортировки и отбора товарных плодов. Большинство машин для уборки бахчевых культур выполняют погрузку плодов без сортировки, так как совмещение этих операций при уборке резко снижает производительность уборочных агрегатов и увеличивает простои транспортных средств под погрузкой. Но есть ряд экспериментальных моделей для уборки овощебахчевой продукции, которые оборудованы переборочными столами для контроля качества продукции непосредственно в процессе уборки.

Высокое качество товарных плодов обеспечивается только при сортировке на стационарном пункте. В этом случае весь собранный урожай бахчевых культур отвозят на стационарный пункт, где с помощью комплекса технологического оборудования ра-

бочие-переборщики отбирают только продукцию товарного вида. Для этого каждый плод осматривают и отбирают только плоды типичные для данного сорта, не поврежденные болезнями и вредителями, не имеющие постороннего запаха и без механических повреждений, но данный способ реализуют только крупные производители продукции бахчевых культур.

Выводы. В результате анализа основных операций технологического процесса уборки бахчевых культур была составлена классификация различных способов механизации этих процессов, показывающая, что получение продукции бахчевых культур высокого качества и с наименьшими затратами достигается при условии выполнения сплошной механизированной уборки, при которой подбор и погрузка плодов в контейнеры осуществляется за один проход по полю с контролем качества плодов на стационарном пункте.

Однако высокие требования к качеству товарной продукции сложно выполнять при современном уровне развития уборочных машин, поэтому для внедрения перспективной технологии требуется разработка современных уборочных машин и выполнение определенных требований, создающих необходимые условия для работы уборочных машин.

Прежде всего, это подбор сортов бахчевых культур, направленный на возделывание дружно созревающих плодов шарообразной формы, имеющих минимальный разброс значений размеров и массы, планировка полей для облегчения копирования рельефа рабочими органами; выбор рациональной схемы посева и ширины междурядий с учетом биологических особенностей растений для обоснования технологической колеи и ширины захвата уборочных машин; борьба с сорняками для создания благоприятных условий подбора плодов и вождения уборочных агрегатов.

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. Бычков В. В., Кадыкало Г. И. Новые специализированные машины для механизации садоводства // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 1(38). С. 52-56.
4. Бычков В. В., Утков Ю. А., Кадыкало Г. И. Технические средства для механизации уборочных и транспортных работ в садоводстве // Достижение науки и техники АПК. 2013. № 4. С. 46-48.
5. Инновационная технология уборки плодов бахчевых культур / В. Г. Абезин, С. Я. Семененко, В. А. Моторин, О. Н. Беспалова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 5-2. С. 286-291.
6. Медведев Г. А., Цепляев А. Н. Бахчеводство. СПб.: Издательство «Лань», 2014. 192 с.
7. Обоснование параметров механизмов перемещения контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате / М. Н. Шапров, И. С. Мартынов, М. А. Садовников, А. В. Седов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 293-300.
8. Успенский И. А., Юхин И. А., Жуков К. А. Пути снижения травмируемости плодовоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ. 2014. №96(02). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
9. Шапров М. Н., Абезин В. Г. Механизированная технология выборочной уборки бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (35). С. 94-96.

10. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Роторная машина для уборки бахчевых культур // Сельский механизатор. 2019. №7. С. 8-9.

11. Kim Yu., Hwang Heon, Cho Seong A Hybrid Robotic System for Harvesting Heavy Produce // Engineering in Agriculture, Environment and Food. 2008. №1. P. 18-23. 10.1016/S1881-8366(08)80009-2.

12. 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.

13. 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 // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13 (10). P. 3502-3508.

14. 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. 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.18.039.

Conclusions. As a result of the analysis of the main operations of the technological process of harvesting melons, a classification of various ways of mechanization of these processes was compiled, showing that the production of melons of high quality and with the lowest costs is achieved under the conditions of continuous mechanized harvesting, in which the selection and loading of fruits into containers is carried out in one pass through the field with quality control of fruits at a stationary point.

However, high requirements for the quality of commercial products are difficult to meet at the current level of development of harvesting machines, so the introduction of promising technology requires the development of modern harvesting machines and the implementation of certain requirements that create the necessary conditions for the operation of harvesting machines.

First of all, it is the selection of varieties of melons aimed at cultivating amicably maturing spherical fruits with a minimum spread of size and weight values, the layout of fields to facilitate copying the terrain by working bodies; choosing a rational seeding scheme and row spacing, taking into account the biological characteristics of plants to justify the technological track and width of the harvesting machines; weed control to create favorable conditions for picking fruits and driving harvesting units.

References

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. №. 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. Bychkov V. V., Kadykalo G. I. New specialized machines for gardening mechanization // Agrarian science of the Euro-North-East. 2014. № 1(38). Pp. 52-56.

4. Bychkov V. V., Utkov Y. A., Kadykalo G. I. Technical means for mechanization of harvesting and transport works in horticulture // Achievement of science and technology of the agro-industrial complex. 2013. № 4. Pp. 46-48.

5. Innovative technology of harvesting the fruits of melons / V. G. Abezin, S. Ya. Semenenko, V. A. Motorin, O. N. Beshpalova // International journal of applied and fundamental research. 2017. № 5-2. Pp. 286-291.

6. Medvedev G. A., Tseplyaev A. N. Bakhchevodstvo. SPb.: publishing house "LAN", 2014. 192 p.
7. Justification of parameters of mechanisms for moving containers on a loading and transport unit / M. N. Shaprov, I. S. Martynov, M. A. Sadovnikov, A.V. Sedov // Izvestiya nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). Pp. 293-300.
8. 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) [Electronic resource]. Krasnodar: Kubgau, 2014. №96(02). access Mode: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
9. Shaprov M. N., Abezin V. G. Mechanized technology of selective harvesting of gourds // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2014. № 3 (35). Pp. 94-96.
10. Shaprov M. N., Sedov A. V., Gurba A. V. Rotary machine for harvesting melons // Rural mechanizer. 2019. №7. Pp. 8-9.
11. Kim Yu., Hwang Heon, Cho Seong A Hybrid Robotic System for Harvesting Heavy Produce / // Engineering in Agriculture, Environment and Food. 2008. №1. P. 18-23. 10.1016/S1881-8366(08)80009-2.
12. 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.
13. 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.
14. 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. 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.18.039.

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.

Gurba Alexey Valerievich, postgraduate student of the Department of life Safety, Volgograd state agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26).

ORCID: 0000-0002-0557-9950. E-mail: alguurru@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.

Гурба Алексей Валерьевич, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26). ORCID: 0000-0002-0557-9950. E-mail: alguurru@mail.ru.

GRAIN LOSSES FROM INCREASE TERMS OF HARVESTING GRAIN CROPS

A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, O. I. Poddubny

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 28.04.2020

Summary

The efficiency of grain production is largely determined by the gross grain harvest, which depends not only on the areas occupied by grain crops and their yield, but also on the loss of grain during harvesting. Significant grain losses from self-drying. One of the factors that affect the loss of grain by self-precipitation is the delay in harvesting compared to the optimal timing for this crop and certain cleaning conditions. Experimental studies have shown that grain losses due to violations of harvest times reach 1.0% for each day of exceeding the optimal harvest period.

Abstract

Introduction. The gross grain harvest is determined primarily by the area of grain crops, their yield and crop losses during harvesting. Grain losses depend on many factors, including the duration of harvesting, harvesting conditions, the type of grain crop and its variety. In accordance with the classification of grain losses proposed by Pugachev A. N., grain losses, both biological and mechanical, can be direct and indirect. Direct biological losses of grain are losses by shedding from the ear, breaking off the ear, sprouting of grain in rolls, from pests. Direct mechanical losses of grain are losses behind the combine's threshing machine, combine harvester, roll Reaper, and picker. Indirect biological losses are losses of grain quality during the vegetative period due, for example, to adverse weather conditions, and indirect mechanical losses are associated with crushing, injury and flattening of grain by the working bodies of grain harvesting machines. Significant losses of grain crops due to violations of optimal agro-technical terms of harvesting. But direct mechanical losses of grain are also significant. The level of such losses for direct combine processing is normalized at 2%. Maintaining the level of grain losses that does not exceed the normalized level, as long-term studies have shown, depends mainly on the qualification of the combine operator. A highly qualified harvester efficiently performs adjustments of the working bodies of the combine, selects the necessary speeds of the combine movement depending on the yield of grain, humidity, strawiness, poleglosti and other indicators of harvesting conditions. A highly qualified harvester also makes the most of the shift time, which reduces the cleaning time, all other things being equal. Significant losses of grain from exceeding the harvest time compared to the optimal ones. Knowing the level of grain losses from the duration of harvesting will allow managers of agricultural enterprises to choose types and varieties of grain crops that have different maturation periods, plan the timing of work on harvesting grain crops and labor resources, justify the Park of combine harvesters taking into account economic efficiency. **The purpose** of this work is to assess the level of losses of spring barley, winter and spring wheat depending on the duration of their harvesting in the Volgograd region. **Materials and methods.** This article uses materials from the Federal state statistics service, data from research papers devoted to optimizing the duration of grain harvesting and grain losses from self-precipitation, as well as the results of long-term experimental studies of grain losses during harvesting of grain crops in the Volgograd region, performed in accordance with the requirements of GOST 28301-2007. **Results.** According to statistics, from 1996 to 2018, the load on one combine harvester in the Russian Federation increased from 208 ha to 992 ha. at the same time, the average number of combine harvesters per 1000 ha of harvest areas decreased from 4.08 to 1.01. It was found that grain losses begin to increase significantly when harvesting in dry years: winter wheat after 2-3 days, spring wheat-after 3-4 days and spring barley - after 4-6 days from the moment the grain reaches the beginning of firm ripeness, and in years of moderate humidity-respectively 4-5, 5-7 and 6-8 days. In this regard, we believe that the above-mentioned durations of time periods in which grain losses are minimal and the grain mass is maximum are the optimal terms for harvesting the considered grain crops in years that differ in the average daily relative humidity of the air during the harvesting period. As a result of processing static material, the dependences of grain losses on the day

after exceeding the optimal harvest time were established: in dry years, spring barley $PZ(T) = 0.07T^2 - 0.46T + 1.10$; spring wheat $PZ(T) = 0.11T^2 - 0.58T + 1.14$; winter wheat $PZ(T) = 0.09T^2 - 0.71T + 1.53$; in years of moderate humidity: spring barley $PZ(T) = 0.06T^2 - 0.50T + 1.19$; spring wheat $PZ(T) = 0.09T^2 - 0.55T + 1.23$; winter wheat $PZ(T) = 0.07T^2 - 0.64T + 1.49$. The results of the research showed that the maximum loss of grain by self-precipitation from delayed harvesting after exceeding the optimal time limits has spring wheat, which accounts for every day of delay from 0.77% to 1.0%. At the same time, large grain losses are observed in dry years. Spring barley has the minimum loss of grain by self-precipitation from the studied grain crops (from 0.43% to 0.54% for each day of delay). Losses in winter wheat ranged from 0.49% to 0.63% per cent. At the same time, winter wheat grain losses exceed the losses of spring barley only after 10 days. **Conclusion.** Thus, the regularities of losses of grain of spring barley, winter and spring wheat from self-precipitation depending on the day after exceeding the optimal harvest time in dry and moderately wet years in the conditions of farms in the Volgograd region are established.

Key words: *harvesting of grain crops, duration of harvesting, combine harvester, direct biological and mechanical losses of grain.*

Citation. Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubny O.I. Grain losses from increase terms of harvesting grain crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 375-384 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37.

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

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

УДК 631.354.2:631.554

ПОТЕРИ ЗЕРНА ОТ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент;

О. И. Поддубный, исследователь, преподаватель-исследователь

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.02.2020

Дата принятия к печати 28.04.2020

Актуальность. Валовый сбор зерна определяется, в первую очередь, площадью зерновых культур, их урожайностью и потерями урожая при уборке. Потери зерна зависят от многих факторов, в том числе от продолжительности уборки, условий уборки, вида зерновой культуры и ее сорта. Существенны потери зерна от превышения сроков уборки по сравнению с оптимальными. Знание уровня потерь зерна от продолжительности уборки позволит руководителям сельскохозяйственных предприятий выбирать виды и сорта зерновых колосовых культур, имеющих различные сроки созревания, планировать сроки выполнения работ по уборке зерновых культур и трудовые ресурсы, обосновывать парк зерноуборочных комбайнов с учетом экономической эффективности. **Цель настоящей работы** – оценка уровня потерь зерна ярового ячменя, озимой и яровой пшеницы в зависимости от продолжительности их уборки в условиях Волгоградской области. **Материалы и методы.** В настоящей статье использованы материалы Федеральной службы государственной статистики, данные научных работ, посвященных исследованиям оптимизации продолжительности уборки зерновых культур и потерь зерна от самоосыпания, а также результаты многолетних экспериментальных исследований потерь зерна при уборке зерновых колосовых культур в хозяйствах Волгоградской области, выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ 28301-2007. **Результаты.** По статистическим данным установлено, что в Российской Федерации площади, занятые зерновыми и зернобобовыми культурами, с 1996 г. по 2018 г. изменялись в пределах от 54 до 61 млн га, при этом с 1996 года по 2018 год нагрузка на один зерноуборочный комбайн увеличивалась с 208 га до 992 га. На 1000 га уборочных площадей среднее количество зерноуборочных комбайнов снизилось с 4,08 до 1,01. Установлено, что потери зерна начинают существенно расти при уборке в засушливые

годы: озимой пшеницы через 2 – 3 дня, яровой пшеницы – через 3 – 4 дня и ярового ячменя – через 4 – 6 дней от момента достижения зерном начала твердой спелости, а в годы умеренной влажности – соответственно 4 – 5, 5 – 7 и 6 – 8 дней. В связи с этим считаем, что указанные выше продолжительности периодов времени, при которых потери зерна минимальны, а масса зерна максимальна, являются оптимальными сроками уборки рассматриваемых зерновых колосовых культур в годы, отличающиеся среднесуточной относительной влажностью воздуха в период уборки. Результаты исследований показали, что максимальные потери зерна самоосыпанием от задержки уборки после превышения оптимальных сроков имеет яровая пшеница, для которой на каждый день задержки приходится от 0,77 % до 1,0 %. При этом большие потери зерна наблюдаются в засушливые годы. Минимальные потери зерна самоосыпанием из исследуемых зерновых колосовых культур имеет яровой ячмень (от 0,43 % до 0,54 % на каждый день задержки). Потери озимой пшеницы составляют от 0,49 % до 0,63 %. При этом, потери зерна озимой пшеницы превышают потери ярового ячменя только после 10 дня. **Заключение.** Таким образом, установлены закономерности потерь зерна ярового ячменя, озимой и яровой пшеницы от самоосыпания в зависимости от дня после превышения оптимальных сроков уборки в засушливые и умеренно влажные годы в условиях хозяйств Волгоградской области.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, продолжительность уборки, зерно-уборочный комбайн, биологические потери зерна, механические потери зерна.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 375-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37.

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. Научные работы многих ученых (Бердышева В. Е., Жалнина Э. В., Ловчикова А. П., Ломакина С. Г., Пугачева А. Н., Пьянова В. С., Федоренко В. Ф. и других) показали, что валовый сбор зерна определяется не только площадью посева зерновых культур и их урожайностью, но и потерями урожая при уборке. В соответствии с классификацией потерь зерна, предложенной Пугачевым А. Н., потери зерна как биологические, так и механические, могут быть прямыми и косвенными. Прямые биологические потери зерна – это потери осыпанием из колоса, обламыванием колоса, прорастанием зерна в валках, от вредителей. Прямые механические потери зерна – это потери за молотилкой комбайна, жаткой комбайна, валковой жаткой и подборщиком. Косвенные биологические потери – это потери качества зерна за вегетационный период из-за, например, неблагоприятных метеорологических условий, а косвенные механические потери связаны с дроблением, травмированием и плющением зерна рабочими органами зерноуборочных машин.

Существенны потери урожая зерновых культур из-за нарушения оптимальных агротехнических сроков уборки. По данной причине ежегодные потери зерна превышают 10 млн т [2]. При этом указанный уровень потерь относится только к прямым биологическим потерям зерна, связанным с увеличением продолжительности уборки из-за недостатка зерноуборочных машин. Но значительны также прямые механические потери зерна. Уровень таких потерь для прямого комбайнирования нормирован в 2 % [3]. Поддержание уровня потерь зерна, не превышающего нормированный, как показали многолетние исследования, зависит в основном от квалификации комбайнера. Высококвалифицированный комбайнер качественно выполняет регулировки рабочих органов комбайна, выбирает необходимые скорости движения комбайна в зависимости от урожайности зерновой культуры, влажности, солоmistости, полеглости и других показателей условий уборки. Высококвалифицированный комбайнер также максимально использует время смены, что сокращает, при прочих равных условиях, продолжительность уборки.

Потери зерна существенно зависят от продолжительности уборки, условий уборки, вида зерновой культуры и ее сорта [6]. Знание уровня потерь зерна от продолжительности уборки позволит руководителям сельскохозяйственных предприятий выбирать виды и сорта зерновых колосовых культур, имеющих различные сроки созревания, планировать сроки выполнения работ по уборке зерновых культур и трудовые ресурсы, обосновывать парк зерноуборочных комбайнов с учетом экономической эффективности. В связи с этим цель настоящей работы – оценка уровня потерь зерна ярового ячменя, озимой и яровой пшеницы в зависимости от продолжительности их уборки в условиях Волгоградской области.

Материалы и методы. В настоящей статье использованы материалы информационной базы [10], данные научных работ, посвященных исследованиям оптимизации продолжительности уборки зерновых культур и потерь зерна от самоосыпания, а также результаты многолетних экспериментальных исследований потерь зерна при уборке зерновых колосовых культур в хозяйствах Волгоградской области, выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний.

Результаты и обсуждение. Продолжительность уборки зависит от множества факторов, в том числе от площади зерновых культур.

В Российской Федерации площади, занятые зерновыми и зернобобовыми культурами, с 1996 г. по 2018 г. изменялись в пределах от 54 до 61 млн га (рисунок 1) [10].

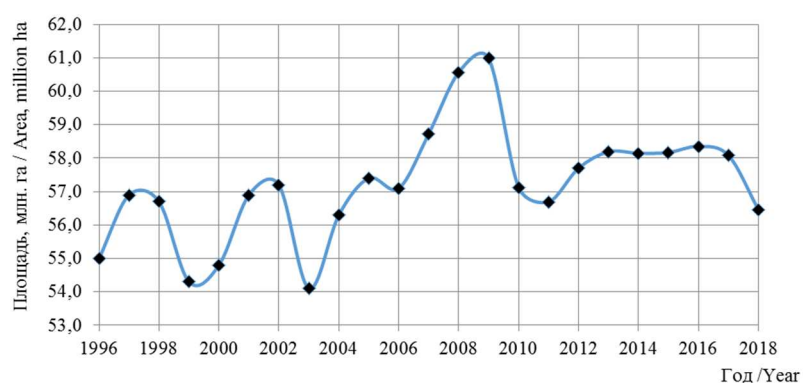


Рисунок 1 – Изменение площади зерновых и зернобобовых культур

Figure 1-Change in the area of grain and leguminous crops

Урожайность этих культур растет при некотором колебании по годам [10] (рисунок 2).

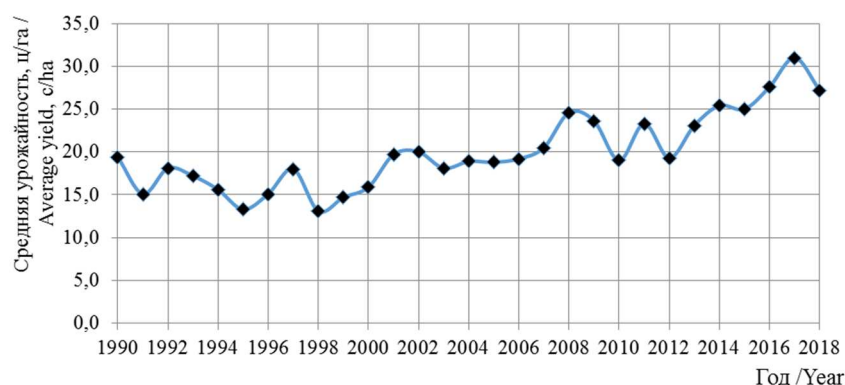


Рисунок 2 – Изменение средней урожайности зерновых и зернобобовых культур

Figure 2 – Change in the average yield of grain and leguminous crops

Можно отметить, что с 1990 года по 2018 год средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличилась примерно на 65 %. При росте урожайности сельскохозяйственных культур возникла необходимость применения высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов. Доля таких зерноуборочных комбайнов в парке машин хозяйств растет [10]. Это явилось основной причиной сокращения парка зерноуборочных комбайнов за последние 28 лет более чем в 7 раз (рисунок 3). Однако увеличение доли высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов весьма часто экономически неоправданно в связи со значительным ростом денежных затрат на приобретение таких машин и последующее их обслуживание [11].

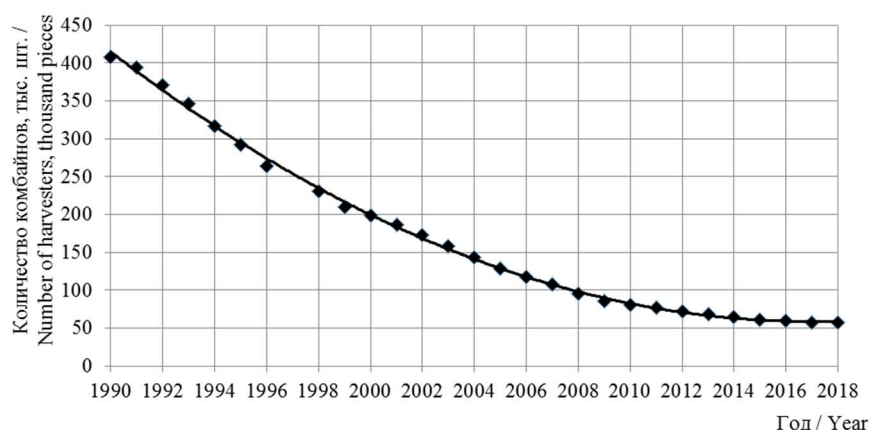


Рисунок 3 – Изменение количества зерноуборочных комбайнов [10]

Figure 3 – Changing the number of combine harvesters [10]

Представленные статистические данные позволили рассчитать нагрузку на один зерноуборочный комбайн (рисунок 4).

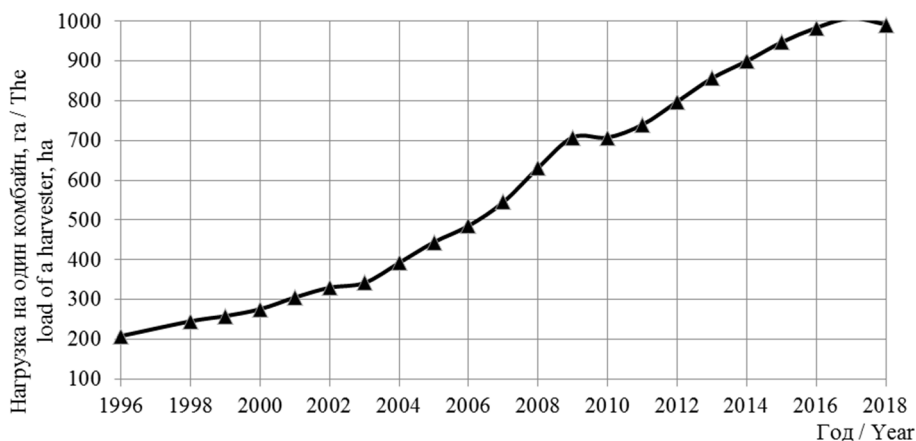


Рисунок 4 – Изменение нагрузки на один зерноуборочный комбайн

Figure 4 – Changing the load on one combine harvester

Результаты расчетов показали, что с 1996 года по 2018 год нагрузка на один зерноуборочный комбайн в Российской Федерации увеличивалась с 208 га до 992 га. При этом на 1000 га уборочных площадей среднее количество зерноуборочных комбайнов снизилось с 4,08 до 1,01, что примерно в 4...5 раз ниже, чем в США и Канаде, и в 10 раз меньше, чем в Германии [4]. Кроме того, по данным органов Ростехнадзора около 45 % зарегистрированных зерноуборочных комбайнов используется более 10 лет [7].

Увеличение нагрузки на комбайны, даже при использовании высокопроизводительных комбайнов, как правило, приводит к нарушению агротехнических сроков уборки и к потерям зерна [1].

Зная среднестатистическую годовую нагрузку на один зерноуборочный комбайн (S_k^{cp}), сменную его производительность (W_{cm}^{cp}) и коэффициент сменности (k_{cm}), можно определить в первом приближении продолжительность уборки (T_p):

$$T_p = \frac{S_k^{cp}}{W_{cm}^{cp} k_{cm}}. \quad (1)$$

Производительность по площади зерноуборочного комбайна за смену может быть определена по известной зависимости:

$$W_{cm} = 0,1 B_p v_p T_{cm} \tau_{cm}, \quad (2)$$

где B_p – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м; v_p – рабочая скорость комбайна, км/ч, T_{cm} – продолжительность смены, ч; τ_{cm} – коэффициент использования времени смены.

Рассмотрим составляющие зависимости (2). Для современных зерноуборочных комбайнов Российского производства используются жатки с конструктивной шириной захвата: 6,0 м – на комбайнах Vector 410, Palesse GS 812 и Енисей 4141, 7,0 м – на комбайнах Acros 580, Torum 740 и Palesse GS 12, 7,6 м – Tucano 340, John Deere W 540, John Deere 9670 STS, John Deere S 660 и John Deere W 650 и 9,1 м – на комбайнах Tucano 450 и Tucano 480. С учетом доли перечисленных комбайнов в парке хозяйств Российской Федерации принимаем $B_p = 6,8$ м. В работе [9] отмечено, что средняя скорость движения современных как отечественных, так и зарубежных комбайнов на уборке зерновых культур $V_p = 7,2$ км/ч, в работе [14] показано, что коэффициент использования времени зерноуборочных комбайнов составляет всего 0,62, однако в работе [8] дано нормативное значение $\tau_{cm} = 0,68$. Принимаем $T_{cm} = 10$ ч и $k_{cm} = 2$.

Тогда, $W_{cm} = 33,3$ га и $T_p = 15$ дней.

Рассчитанная продолжительность работы характерна для среднестатистического зерноуборочного комбайна независимо от региона уборки зерновых культур, но без учета неблагоприятных дней для уборки зерновых культур.

Продолжительность уборки зерновых культур в конкретном сельскохозяйственном предприятии зависит от скорости ее выполнения – площади, убираемой зерноуборочными машинами в течение суток:

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{j=1}^N N_j W_j k_{cmj}}, \quad (3)$$

где S_i – площадь i -й зерновой культуры, га; n – количество зерновых культур, возделываемых в хозяйстве; N_j – количество зерноуборочных машин j -й марки, участвующих в уборке, шт.; W_j – производительность по площади зерноуборочной машины j -й марки за смену, га; k_{cmj} – коэффициент сменности работы j -й марки зерноуборочной машины.

Например, в крестьянско-фермерском хозяйстве с посевными площадями озимой пшеницы $S_1 = 420$ га и ярового ячменя $S_2 = 870$ га, имеющем по одному зерноуборочному комбайну Vector 410 и НОВА С340, работающим по 14 ч в течение суток, продолжительность уборки зерновых культур составит $T_p = 16$ дней.

Агротехнические сроки выполнения работ по уборке зерновых культур зависят от многих факторов (условия уборки, сорт зерновой культуры, применяемая технология и другие) и определяются различными методами [5, 12, 13]. Так, методом планирования эксперимента [5] установлена оптимальная продолжительность уборки зерновых культур 5 рабочих дней, а имитационным моделированием [12] – до 10 дней.

Многолетние экспериментальные данные показали, что с целью получения максимального валового сбора урожая уборку зерновых культур необходимо начинать в такой момент состояния хлебной массы, когда прекращается поступление пластических веществ в зерна, т.е. при максимальной их массе. Большая доля зерен в колосе зерновых колосовых культур, возделываемых в условиях Нижнего Поволжья, достигает максимальной массы в период твердой спелости, при влажности зерна от 20 до 15 %. Продолжительность изменения указанной влажности зерна в засушливые годы составляет 3-5 дней, а в годы умеренной влажности в период уборки – в течение 5-7 дней. Кроме того, установлено, что потери зерна начинают существенно расти при уборке в засушливые годы: озимой пшеницы через 2-3 дня, яровой пшеницы – через 3-4 дня и ярового ячменя – через 4-6 дней от момента достижения зерном начала твердой спелости, а в годы умеренной влажности – соответственно 4-5, 5-7 и 6-8 дней. В связи с этим считаем, что указанные выше продолжительности периодов времени, при которых потери зерна минимальны, а масса зерна максимальна, являются оптимальными сроками уборки рассматриваемых зерновых колосовых культур в годы, отличающиеся среднесуточной относительной влажностью воздуха в период уборки.

Экспериментальные исследования позволили построить зависимости потерь зерна (P_3) ярового ячменя «Волгоградский 08», яровой пшеницы «Саратовская 42» и озимой пшеницы «Северодонецкая юбилейная» самоосыпанием в засушливые и умеренно влажные годы от дня (T) после превышения оптимальных сроков уборки (рисунок 5).

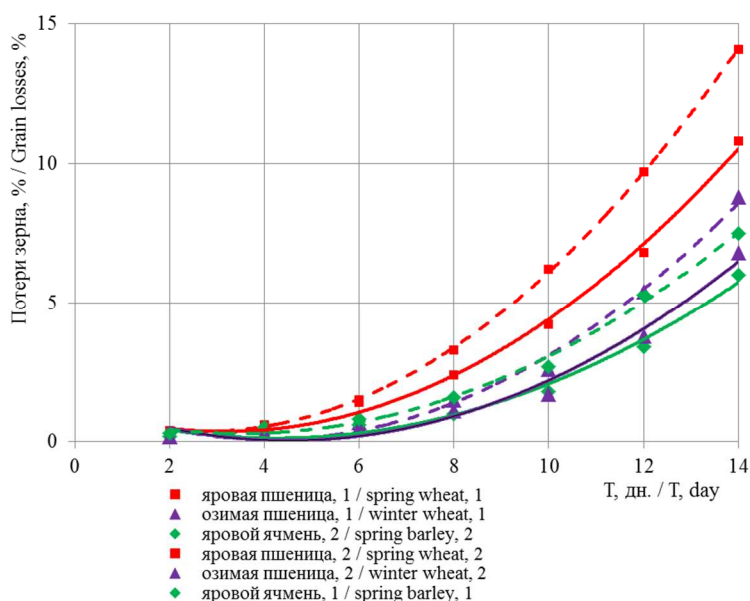


Рисунок 5 – Потери зерна самоосыпанием от дня после превышения оптимальных сроков уборки (штриховые линии 1 – в засушливый год, сплошные линии 2 – в умеренно влажный год)

Figure 5 – Loss of grain by self-precipitation from the day after excess optimal harvesting times (dashed lines 1 - in a dry year, solid lines 2 - in a moderately wet year)

В результате обработки статистического материала установлены с высокой достоверностью зависимости потерь зерна от дня после превышения оптимальных сроков уборки в засушливые годы:

$$\text{ярового ячменя} \quad P_3(T) = 0,07T^2 - 0,46T + 1,10, \quad (4)$$

$$\text{яровой пшеницы} \quad P_3(T) = 0,11T^2 - 0,58T + 1,14, \quad (5)$$

$$\text{озимой пшеницы} \quad P_3(T) = 0,09T^2 - 0,71T + 1,53; \quad (6)$$

и в годы умеренной влажности:

$$\text{ярового ячменя} \quad \text{Пз}(T) = 0,06T^2 - 0,50T + 1,19, \quad (7)$$

$$\text{яровой пшеницы} \quad \text{Пз}(T) = 0,09T^2 - 0,55T + 1,23, \quad (8)$$

$$\text{озимой пшеницы} \quad \text{Пз}(T) = 0,07T^2 - 0,64T + 1,49. \quad (9)$$

Результаты исследований показали, что максимальные потери зерна самоосыпанием от задержки уборки после превышения оптимальных сроков имеет яровая пшеница, для которой на каждый день задержки приходится от 0,77 % до 1,0 %. При этом большие потери зерна наблюдаются в засушливые годы. Минимальные потери зерна самоосыпанием из исследуемых зерновых колосовых культур имеет яровая ячмень (от 0,43% до 0,54% на каждый день задержки). Потери озимой пшеницы составляют от 0,49% до 0,63%. При этом потери зерна озимой пшеницы превышают потери ярового ячменя только после 10 дня.

Выводы. Таким образом, установлены закономерности потерь зерна ярового ячменя, озимой и яровой пшеницы от самоосыпания в зависимости от дня после превышения оптимальных сроков уборки в засушливые и умеренно влажные годы в условиях хозяйств Волгоградской области.

Библиографический список

1. Ежевский А. А. Технологическая и техническая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013–2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. №1. С. 3–6.
2. Лачуга Ю. Ф. Научно-техническая модернизация для качественного производства сельскохозяйственной продукции // АгроСнабФорум. 2017. № 8 (156). С. 43-45.
3. Лачуга Ю. Ф. Стратегические подходы к разработке новых технологий и техники для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельском хозяйстве // Науч. тр. XXIII Междунар. науч.- практ. конф. ВИМ. М., 2005. Т. 1. С.27 - 32.
4. Ломакин С. Г., Бердышев В. Е. Условия уборки зерна в Российской Федерации и обеспеченность сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина. 2016. №4 (74). С. 11–15.
5. Маслов Г. Г., Палапин А. В., Ринас Н. А. Оптимизация продолжительности уборки зерновых культур и основных параметров многофункционального агрегата // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого № 2 . 2014. С.3 – 8.
6. Методика расчета суточного сбора зерна в зависимости от темпов уборки / В. С. Пьянов, В. Х. Малиев, Л. И. Высочкина, М. В. Данилов // Вестник Ставрополя. 2018. №2 (30). С. 38 – 43.
7. Проблемы уборки зерна в России / А. Е. Шамин, В. П. Заикин, А. Н. Игошин, А. Ю. Лисина // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 130–138.
8. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники. М.: МСХ РФ, ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. 188 с.
9. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.
10. Федеральная служба государственной статистики // URL:<http://www.gks.ru/> (дата обращения 02.01.2020).
11. Федорова О. А., Поддубный О. И. Анализ парка зерноуборочных комбайнов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 298-303.
12. Худякова Е. В., Клочкова К. В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 60-64.

13. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester / D. Chen, S. Wang, F. Kang, Q. Zhu, X. Li // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. 27(9), P. 18-21.

14. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev, M. V. Cheskidov, V. D. Shepelev, Z. V. Almetova, N. P. Shepeleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2018. P. 12-53.

Conclusions. Thus, the regularities of grain losses of spring barley, winter and spring wheat from self-precipitation were established, depending on the day after exceeding the optimal harvest time in dry and moderately wet years in the conditions of farms in the Volgograd region.

References

1. Ezhevskij A. A. Tehnologicheskaya i tehniicheskaya obespechennost' sel'skohozyajstvennogo proizvodstva Rossii na 2013-2020 gody // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tehnologii. 2014. №1. P. 3-6.

2. Lachuga Yu. F. Nauchno-tehnicheskaya modernizaciya dlya kachestvennogo proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii // AgroSnabForum. 2017. № 8 (156). P. 43-45.

3. Lachuga Yu. F. Strategicheskie podhody k razrabotke novyh tehnologij i tehniki dlya resursoberezeniya i povysheniya proizvoditel'nosti truda v sel'skom hozyajstve // Nauch. tr. HHIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. VIM. M., 2005. Vol. 1. P.27 - 32.

4. Lomakin S. G., Berdyshev V. E. Usloviya uborki zerna v Rossijskoj Federacii i obespechennost' sel'skohozyajstvennyh predpriyatij zernouborochnymi kombajnamy // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V. P. Goryachkina. 2016. №4 (74). P. 11-15.

5. Maslov G. G., Palapin A. V., Rinas N. A. Optimizaciya prodolzhitel'nosti uborki zernovyh kul'tur i osnovnyh parametrov mnogofunkcional'nogo agregata // Vestnik GGTU im. P. O. Suhogo № 2. 2014. P.3 - 8.

6. Metodika rascheta sutochnogo sbora zerna v zavisimosti ot tempov uborki / V. S. P'yanov, V. H. Maliev, L. I. Vysochkina, M. V. Danilov // Vestnik Stavropol'ya. 2018. №2 (30). S. 38 - 43.

7. Problemy uborki zerna v Rossii / A. E. Shamin, V. P. Zaikin, A. N. Igoshin, A. Yu. Lisina // Vestnik NGIJeI. 2018. № 6 (85). p. 130-138.

8. Sistema kriteriev kachestva, nadezhnosti, jekonomicheskoy jeffektivnosti sel'skohozyajstvennoj tehniki. M.: MSX RF, FGBNU "Rosinformagroteh", 2010. 188 p.

9. Sravnitel'nye ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tehniki: nauch. izdanie. M.: FGBNU "Rosinformagroteh", 2013. 416 p.

10. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki // URL:<http://www.gks.ru/> (data obrascheniya 02.01.2020).

11. Fedorova O. A., Poddubnyj O. I. Analiz parka zernouborochnyh kombajnov Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 298-303.

12. Hudyakova E. V., Klochkova K. V. Optimizaciya tehniko-jekonomicheskikh parametrov organizacii processa uborki zernovyh kul'tur na osnove imitacionnogo modelirovaniya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V. P. Goryachkina. 2015. № 5 (69). P. 60-64.

13. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester / D. Chen, S. Wang, F. Kang, Q. Zhu, X. Li // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. 27(9), P. 18-21.

14. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev, M. V. Cheskidov, V. D. Shepelev, Z. V. Almetova, N. P. Shepeleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2018. P. 12-53.

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 Universitetskij 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 "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), doctor of technical Sciences, associate Professor,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru;

Poddubny Oleg Igorevich, researcher, teacher-researcher of the Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-6888-5329>. E-mail: olegan.93@mail.ru

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru;

Поддубный Олег Игорьевич – исследователь, преподаватель-исследователь ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-6888-5329>. E-mail: olegan.93@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-38

METHODS OF KINEMATIC SYNTHESIS OF MANIPULATOR-TRIPOD CONTROL ALGORITHMS

**N. S. Vorob'eva, A. V. Djashkin, V. V. Djashkin-Titov,
A. G. Ivanov, S. D. Fomin**

Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 25.05.2020

The article was prepared with the financial support of RFBR grant no. 19-48-340013 r_a.

*"Development of analytical synthesis methods for manipulator control algorithms
of parallel-sequential structure»*

Summary

The article presents the results of calculation of two methods of synthesis of algorithms for program movements of Executive mechanisms that ensure the implementation of the required trajectories and laws of movement of the manipulator's working body, and positioning of the object of manipulation in three-dimensional space. The results of calculations showed advantages and disadvantages of both methods. However, it is recommended to apply a method of quadratic approximation point for the organization of a control system with feedback for speed.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the creation of methods for the synthesis of algorithms for programmed movements of actuators, which ensure the implementation of the required trajectories and laws of motion of the working body of the manipulator, and the positioning of the manipulated object in three-dimensional space. As a gripping device, a sequential structure mechanism with three controlled degrees of freedom is used. **Object.** The kinematic diagram of the manipulator – tripod on a rotary base with a three-stage gripping device is presented. **Materials and methods.** The implementation of the proposed methods for calculating the programmed movements of the executive links was considered with a rectilinear translational movement of the gripper. To ensure the approach of the working body of the manipulator to the required points of the service object with a given orientation of the working body, methods have been developed for the synthesis of programmed movements of the executive cylinders of the manipulator. The first method-software displacement of the executive cylinders is interpolated by a finite set of splines of the

third and fourth orders (the first method). The second method - the laws of movement of the executive cylinders are determined by the interpolation method of the first and last sections of the trajectory and the method of point quadratic approximation of the intermediate sections of the trajectory (second method). The set of points characterizing the sequential positions of the actuators is determined by the solution of the optimization problem on the configuration of the manipulator from the condition of the minimum criterion of generalized energy at each point of the trajectory of the working body. Based on the proposed calculation methods, the results of programmed movements of executive links in graphical form are obtained. **Results and conclusions.** Based on the proposed calculation methods, the results of programmed movements of executive links in graphical form are obtained. Polynomial interpolation is the easiest. It is effectively used in cases where, based on a small number of given points, it is necessary to quickly obtain an acceptable result. However, when polynomial interpolation does not allow you to organize a control system with speed feedback.

Key words: *synthesis methods, software movement algorithms, laws of motion, required trajectories, parallel-serial structure manipulator*

Citation. Vorob'eva N. S., Djashkin A. V., Djashkin-Titov V. V., Ivanov A. G., Fomin S. D. Methods of kinematic synthesis of manipulator-tripod control algorithms. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 384-396 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-38.

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

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

УДК 681.5.013:621.865.8

МЕТОДЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ-ТРИПОДОМ

Н. С. Воробьева, кандидат технических наук, доцент

А. В. Дяшкин, кандидат технических наук, доцент

В. В. Дяшкин-Титов, кандидат технических наук, доцент

А. Г. Иванов, ассистент

С. Д. Фомин, доктор технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 25.05.2020

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-48-340013 р_а.
«Разработка методов аналитического синтеза алгоритмов управления манипуляторами параллельно-последовательной структуры»

Актуальность. Статья посвящена созданию методов синтеза алгоритмов программных перемещений исполнительных механизмов, обеспечивающих реализацию требуемых траекторий и законов движения рабочего органа манипулятора и позиционирование объекта манипулирования в трехмерном пространстве. В качестве захватного устройства используется механизм последовательной структуры с тремя управляемыми степенями свободы. **Объект.** Представлена кинематическая схема манипулятора-трипода на поворотном основании с трехступенным захватным устройством. **Материалы и методы.** Реализация предложенных методов расчета программных перемещений исполнительных звеньев рассматривалась при прямолинейном поступательном перемещении захватного устройства. Для обеспечения подхода рабочего органа манипулятора к требуемым точкам объекта обслуживания с заданной ориентацией рабочего органа разработаны методы синтеза программных перемещений исполнительных цилиндров манипулятора. Первый метод – программные перемещения исполнительных цилиндров интерполируются конечным набором сплайнов третьего и четвертого порядков. Второй метод – законы перемещения исполнительных цилиндров определяются методом интерполяции первого и последнего участков траектории и методом точечной квадратичной аппроксимации промежуточных участков траектории. Множество точек,

характеризующих последовательные положения исполнительных приводов, определяется решением оптимизационной задачи о конфигурации манипулятора из условия минимума критерия обобщенной энергии в каждой точке траектории рабочего органа. **Результаты и выводы.** На основании предложенных методов расчета получены результаты программных перемещений исполнительных звеньев в графическом виде. Полиномиальная интерполяция является наиболее простой. Ее эффективно применять в тех случаях, когда на основе малого числа заданных точек необходимо быстро получить приемлемый результат, однако при полиномиальной интерполяции не позволяет организовать систему управления с обратной связью по скорости.

Ключевые слова: методы синтеза, алгоритмы программных перемещений, законы движения, требуемые траектории, манипуляторы параллельно-последовательной структуры.

Цитирование. Воробьева Н. С., Дяшкин А. В., Дяшкин-Титов В. В., Иванов А. Г., Фомин С. Д. Методы кинематического синтеза алгоритмов управления манипулятором-триподом. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 384-396. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-38.

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. Современным направлением развития машинных технологий сельхозпроизводства является роботизация и автоматизация [6-9, 13]. Для решения этих задач используются мобильные платформы, на которые устанавливаются манипуляторы (рисунки 1-2).



Рисунок 1– Робот для прополки
Figure 1– Robot for weeding



Рисунок 2 – Робот для сбора ягод
Figure 2 - Robot for collecting berries

Манипуляторы с механизмами параллельно-последовательной структуры обладают рядом преимуществ: повышенная жесткость, низкая металлоемкость, высокая точность программных движений и др. Поэтому они находят все большее применение в различных отраслях промышленности: в машиностроении при механической обработке деталей сложной геометрии [5], приборостроении, при упаковке продукции [4], а также в технологических процессах при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции [10, 11, 14, 15].

К наиболее важным задачам при разработке манипуляторов параллельно-последовательной структуры относится создание методов синтеза алгоритмов программных перемещений исполнительных механизмов, обеспечивающих реализацию требуемых траекторий и законов движения рабочего органа манипулятора, и позиционирование объекта манипулирования в трехмерном пространстве [2, 3].

Материалы и методы. Рассматривается манипулятор параллельно-последовательной структуры (рисунок 1) с семью управляемыми степенями свободы. Параллельную структуру конструкции манипулятора представляет пирамида, состоящая из трех активных звеньев переменной длины AM , BM , CM , дополнительную маневренность и манипулятивность пирамиды обеспечивает исполнительное звено AD . Захват последовательной структуры с тремя управляемыми степенями свободы (рисунок 2) соединяется с пирамидой посредством специального шарнира.

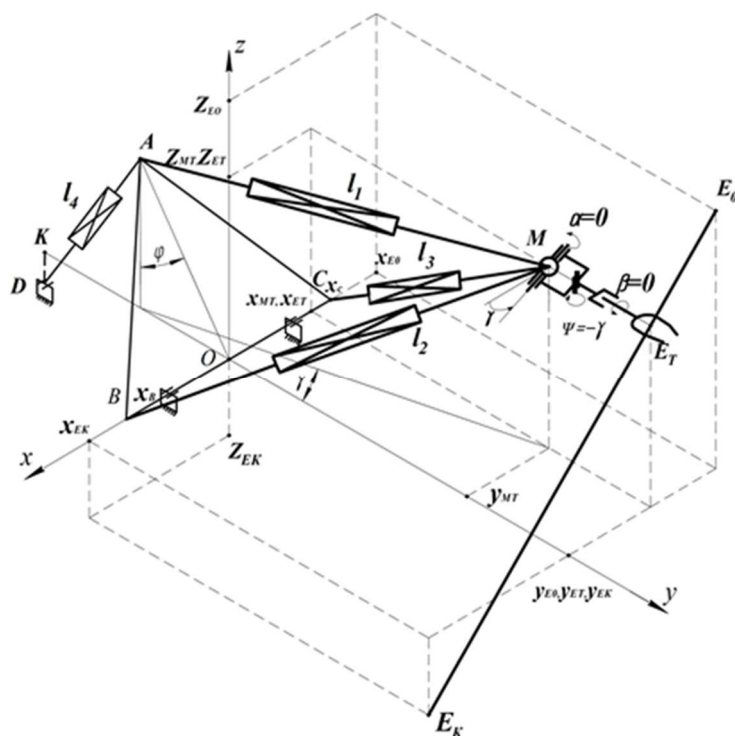


Рисунок 3 – Расчетная схема манипулятора-трипода на поворотном основании с трехступенным захватным устройством

Figure 3 – Design scheme of the manipulator-tripod on a rotary base with a three-stage gripping device

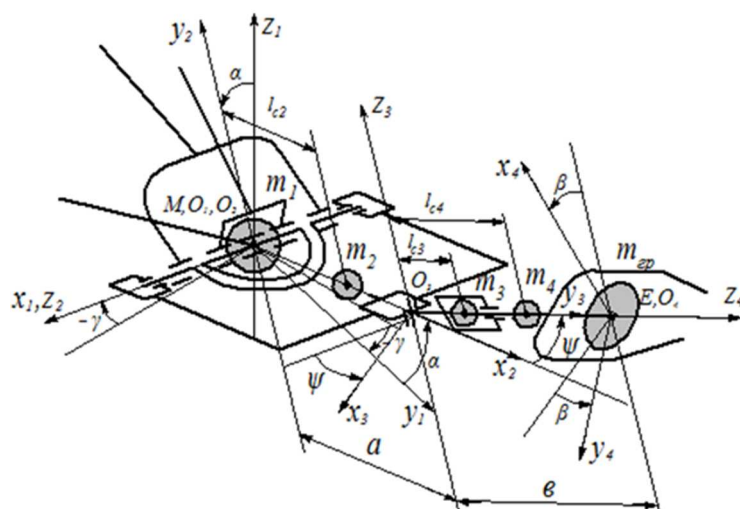


Рисунок 4 – Кинематическая схема захвата с тремя степенями свободы

Figure 4 – Kinematic capture scheme with three degrees of freedom

Сформировать законы изменения обобщенных координат манипулятора $l_k(t)$, ($k = 1 \div 4$), $\alpha(t)$, $\psi(t)$, $\beta(t)$ в реальном масштабе времени затруднительно из-за высокой размерности задачи и ограниченной вычислительной мощности контроллеров приводного уровня. Так как системы управления строятся по иерархическому принципу, то рационально для каждого заданного движения рабочего органа, заранее определить аналитические законы изменения обобщенных координат исполнительных приводов.

Пространственное положение манипулятора и рабочего органа захвата определяется в абсолютной системе координат $Oxyz$ (рисунок 1). С каждым звеном захватного устройства связаны подвижные системы координат $O_jx_jy_jz_j$, ($j = 1, 2, 3, 4$). Конструкция манипулятора обеспечивает связи между длинами исполнительных звеньев, координатами $x_M(t)$, $y_M(t)$, $z_M(t)$ точки M и углом поворота φ основания ABC [7, 8]:

$$\begin{aligned} l_1(t) &= \sqrt{x_M^2 + (y_M + OA \cdot \sin \varphi)^2 + (z_M - OA \cdot \cos \varphi)^2}, \\ l_2(t) &= \sqrt{(x_M - OB)^2 + y_M^2 + z_M^2}, \\ l_3(t) &= \sqrt{(x_M + OB)^2 + y_M^2 + z_M^2}, \\ l_4(t) &= \sqrt{(OK - OA \cdot \sin \varphi)^2 + (OA \cdot \cos \varphi + DK)^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Параметр $\gamma(t)$ манипулятора (рисунок 1) определяется выражением

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{-x_M}{y_M + OA \sin \varphi}. \quad (2)$$

Процесс выполнения любой технологической операции состоит из последовательного выполнения заданных программных движений рабочего органа. Исследования особенностей технологических процессов сельскохозяйственного и перерабатывающего производства показали, что большинство операций может быть осуществлено с помощью следующих основных перемещений рабочего органа манипулятора: вертикального прямолинейного движения (ВД); прямолинейного движения под любым углом в вертикальной плоскости (ПДВ); горизонтального прямолинейного движения (ГД); прямолинейного движения под любым углом в горизонтальной плоскости (ПДГ); ориентации рабочего органа в пространстве (ОР).

Кинематический синтез программных перемещений исполнительных звеньев манипулятора, обеспечивающих выполнение конкретного технологического процесса, проводился в предположении, что ориентация рабочего органа в конечный момент времени задана с помощью направляющих косинусов его собственной системы координат в неподвижной системе координат [2].

Число обобщенных координат манипулятора равно семи – длины исполнительных звеньев $l_k(t)$, ($k = 1 \div 4$) и углы поворота звеньев захватного устройства $\alpha(t)$, $\psi(t)$, $\beta(t)$. Число обобщенных координат рабочего органа равно шести – декартовы

координаты характерной точки $E[x_E(t), y_E(t), z_E(t)]$ и углы Эйлера, задающие его ориентацию в пространстве. То есть маневренность манипулятора равна единице. В этом случае, задача построения закона изменения управляющих перемещений исполнительных звеньев, допускает множество решений, то есть заданному положению рабочего органа соответствует множество конфигураций манипулятора. Для выбора из этого множества решений, единственно правильного использовались различные критерии оптимальности.

Алгоритм кинематического синтеза следующий: разбивается заданная траектория характерной точки захватного устройства на конечное число участков, в каждый момент времени решается обратная задача для механизма последовательной структуры и прямая задача для механизма параллельной структуры. Затем строится функция времени изменения длин исполнительных звеньев. Функция строится двумя способами: интерполяцией конечным набором сплайнов третьего и четвертого порядка и заменой траектории сплайнами четвертого порядка на первом и последнем участках траектории и квадратичной аппроксимацией промежуточных участков траектории. Применение сплайнов четвертого порядка обусловлено необходимостью учета граничных условий для траектории перемещения захвата. Синтез алгоритма стабилизации программных перемещений захвата, заданных в параметрической форме, осуществляется по назначенной траектории с использованием сигналов датчиков обратной связи [16].

Разбивая заданную траекторию точки E на n участков через интервалы времени Δt , по вышеизложенной методике находим последовательность значений обобщенных координат $l_k(t_i)$, ($k=1 \div 4$) манипулятора – трипода и обобщенных координат $\alpha(t_i), \Psi(t_i)$ захватного устройства [14]. Зная значения обобщенных координат в моменты времени t_i , можно для каждой обобщенной координаты, для каждого отрезка провести интерполяцию сплайнами, т. е. построить полином, выражающий обобщенную координату как функцию времени [1]:

Полиномиальная интерполяция является наиболее простой. Ее эффективно применять для монотонных траекторий, в тех случаях, когда на основе малого числа заданных точек необходимо быстро получить приемлемый результат. Задача сплайновой интерполяции сводится к решению двух подзадач: расчет коэффициентов сплайна и последующая аппроксимация значений функции в заданные моменты времени.

Первый и последний отрезки траектории интерполируются полиномами четвертого порядка:

$$\theta_i(\tau) = A_{i4}\tau^4 + A_{i3}\tau^3 + A_{i2}\tau^2 + A_{i1}\tau + A_{i0}, \quad (3)$$

где $\theta_i(\tau)$ – одна из обобщенных координат манипулятора как функция времени τ на i -участке изменения функции; $\tau = t/T_i$ – безразмерное время, т. е. $1 \geq \tau \geq 0$; T_i – время перемещения на i -участке изменения функции $\theta_i(\tau)$; $A_{0i} \dots A_{i4}$ – коэффициенты полинома для i -участка изменения функции $\theta_i(\tau)$.

Для i -го промежуточного участка закона изменения $\theta_i(\tau)$ полином третьего порядка (4) имеет вид:

$$\theta_i(\tau) = A_{i3}\tau^3 + A_{i2}\tau^2 + A_{i1}\tau + A_{i0}. \quad (4)$$

Используя полиномы (3, 4) и методику, изложенную в [15], получаем функции времени изменения длин исполнительных звеньев.

Второй метод кинематического синтеза, который предлагается рассмотреть в данной работе – метод аппроксимации. Полученные значения обобщенных координат (рассмотрено выше) аппроксимируем обычным полиномом степени m на множестве значений $l_{ki}(t_i)$ на интервале времени от $t_1 = \Delta t$ до $t_{n-1} = (n-1)\Delta t$:

$$Q_k(t) = A_{0k} + A_{1k}t + A_{2k}t^2 + \dots + A_{mk}t^m. \quad (5)$$

Постоянные коэффициенты A_{mk} находим из условия минимума функции, представляющей квадратичное отклонение:

$$\delta = \sum_{i=1}^{n-1} [Q_k(t_i) - l_{ki}(t_i)]^2. \quad (6)$$

Используя методику, изложенную в [3], получаем функции времени изменения длин исполнительных звеньев.

Результаты и обсуждение. В качестве примера реализации предложенных методов расчета программных перемещений исполнительных звеньев, рассмотрим горизонтальное поступательное прямолинейное движение манипулятора последовательной структуры с тремя управляемыми степенями свободы, захват не вращается $\psi(t) = -\gamma(t)$ $\alpha = const.$, $\beta = 0$, $x_E = const.$, $y_E(t)$, $z_E = const.$, $x_M = const.$, $y_M(t)$, $z_M = const.$, (ГД - 1), из начальной точки, с координатами $y_E(0) = 1100$ мм в конечную точку, с координатами $x(0) = x(T) = 200$ мм. , $z(0) = z(T) = 190$ мм. $y_E(T) = 1600$ мм за время $T = 12$ с.

Полиномиальная интерполяция. В результате расчетов получено для каждого значения $l_k(t)$, $\Psi(t)$ значения трех полиномов для первого, промежуточного и последнего отрезков траектории:

$$\begin{aligned} l_1(t) &= \begin{cases} -35,18\tau^4 + 74,11\tau^3 + 1286,56 & 1 \geq \tau \geq 0 \\ -5,76\tau^3 + 11,28\tau^2 + 81,62\tau + 1325,5 & 11 \geq \tau \geq 1 \\ -3,67\tau^4 + 38,76\tau^3 - 94,25\tau^2 + 86,9\tau + 1412,65 & 12 \geq \tau \geq 11 \end{cases} \\ l_2(t) &= \begin{cases} -50,69\tau^4 + 146,22\tau^3 + 1218,21 & 1 \geq \tau \geq 0 \\ -100,1\tau^3 + 134,5\tau^2 + 235,9\tau + 1313,76, & 11 \geq \tau \geq 1 \\ 93,5\tau^4 - 181,23\tau^3 - 1756\tau^2 + 204,65\tau + 1584,056; & 12 \geq \tau \geq 11 \end{cases} \\ l_3(t) &= \begin{cases} 44,18\tau^4 + 132,22\tau^3 + 1329,67 & 1 \geq \tau \geq 0 \\ -97,92\tau^3 + 131,57\tau^2 + 219,94\tau + 1471,71; & 11 \geq \tau \geq 1 \\ 94,18\tau^4 - 188,03\tau^3 - 0,963\tau^2 + 189,313\tau + 1671,29 & 12 \geq \tau \geq 11 \end{cases} \\ l_4(t) &= \begin{cases} -28,65\tau^4 + 79,06\tau^3 + 983,84, & 1 \geq \tau \geq 0 \\ -51,26\tau^3 + 65,27\tau^2 + 122,57\tau + 1034,24, & 11 \geq \tau \geq 1 \\ 39,33\tau^4 + 71,77\tau^3 - 20,68\tau^2 + 99,34\tau + 1170,83 & 12 \geq \tau \geq 11 \end{cases} \\ \psi(t) = -\gamma(t) &= \begin{cases} -0,041\tau^4 - 0,131\tau^3 + 0,2, & 1 \geq \tau \geq 0 \\ 0,11\tau^3 - 0,15\tau^2 - 0,23\tau + 1417,11 & 11 \geq \tau \geq 1 \\ 0,11\tau^4 + 0,22\tau^3 - 0,027\tau^2 - 0,192\tau - 0,157 & 12 \geq \tau \geq 11 \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

На рисунках 5 и 6 приведены зависимости (7) длин исполнительных органов $l(t)$ и угла $\Psi(t)$ от времени, на рисунке 7 представлены функции времени изменения координат точки $E[x_E(t), y_E(t), z_E(t)]$, построенные по заданным программным перемещениям

и по законам, полученным в результате аппроксимации, а на рисунке 8 – программный закон изменения дуговой координаты и реализуемый при изменении длин исполнительных цилиндров [16]: $S^*(t) = Ky[y_E(t) - y_E(0)]$.

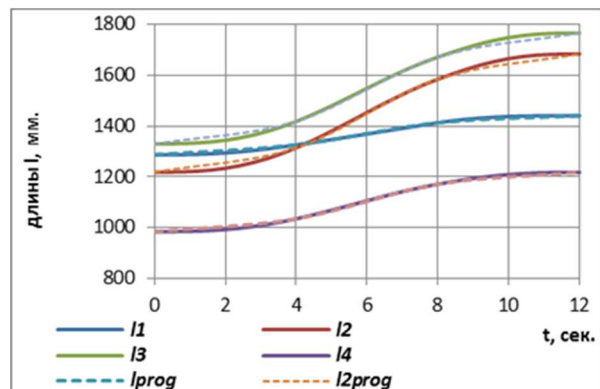


Рисунок 5 – Зависимости длин исполнительных органов $l(t)$ от времени, построенные по заданным программным перемещениям l_{prog} и по интерполяционным законам l

Figure 5 – Dependences of the lengths of the executive bodies $l(t)$ on time, constructed according to the given program displacements l_{prog} and according to interpolation laws l

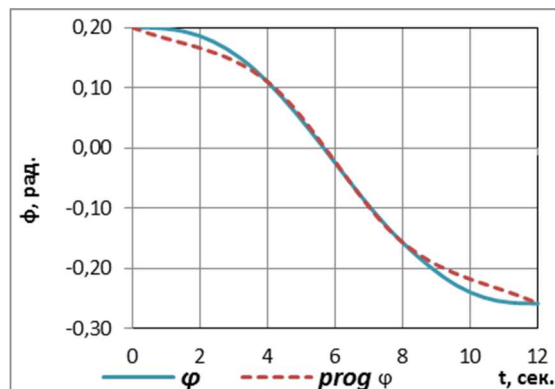


Рисунок 6 – Зависимость угла $\varphi(t)$ от времени, построенная по заданным программным перемещениям φ_{prog} и по интерполяционным законам φ

Figure 6 – The dependence of the angle $\varphi(t)$ on time, constructed according to the given program displacements φ_{prog} and according to the interpolation laws φ

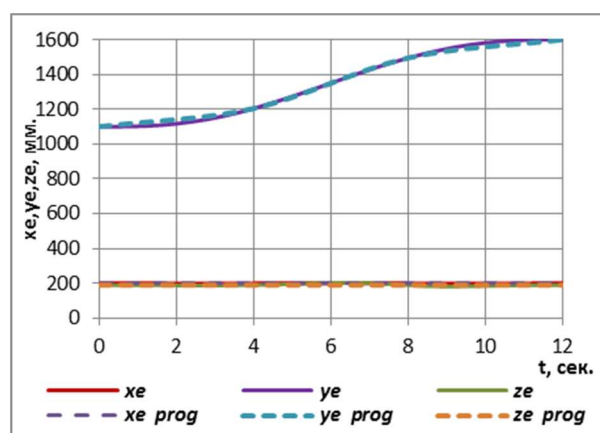


Рисунок 7 – Траектории точки E $x_e(t)$, $y_e(t)$, $z_e(t)$, построенные по заданным программным перемещениям $x_{e prog}$, $y_{e prog}$, $z_{e prog}$ и по интерполяционным законам x_e , y_e , z_e

Figure 7 – The trajectories of the point E $x_e(t)$, $y_e(t)$, $z_e(t)$, constructed according to the given program displacements $x_{e prog}$, $y_{e prog}$, $z_{e prog}$ and according to the interpolation laws x_e , y_e , z_e

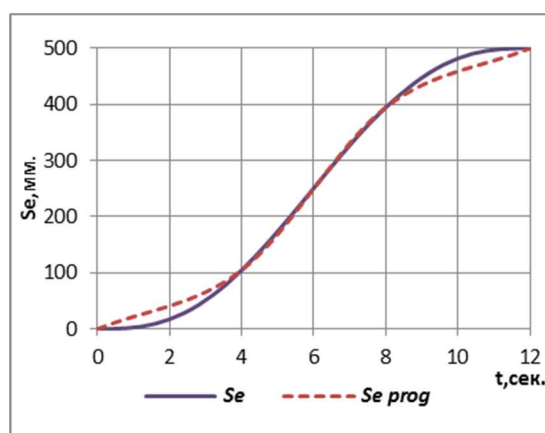


Рисунок 8 – Программный закон изменения дуговой координаты S_e , построенные по заданным программным перемещениям $S_{e prog}$ и по интерполяционным законам S_e

Figure 8 – Program law for changing the arc S_e coordinates constructed according to given programmed displacements $S_{e prog}$ and according to interpolation laws S_e

Точность аппроксимации программной траектории (рисунок 5) при формировании управляющих перемещений исполнительных цилиндров интерполяционными полиномами возможно оценить отношением абсолютного отклонения от траектории к длине траектории:

$$\delta = \frac{\max |\Delta z|}{L}, \text{ (в рассмотренном примере } \delta = 0,01 \text{).}$$

Метод аппроксимации. В результате расчетов получено для каждого значения $l_k(t_i)$, $\Psi(t_i)$ значения трех полиномов для первого, промежуточного и последнего отрезков траектории:

$$l_1(t) = \begin{cases} P_1(t) = -37,87t^5 + 87,23t^4 - 49,49t^3, & 1 \geq t \geq 0, \\ Q_1(t) = 0,013t^5 - 0,384t^4 + 3,67t^3 - 12,64t^2 + 26,82t + 1268,95, & 11 \geq t \geq 1, \\ H_1(t) = -46,64t^5 + 2691,51t^4 - 62085,95t^3 + 71642,34t^2 - 4,12t + 9,49, & 12 \geq t \geq 11. \end{cases}$$

$$l_2(t) = \begin{cases} P_2(t) = -18,156t^5 + 41,40t^4 - 21,42t^3, & 1 \geq t \geq 0, \\ Q_2(t) = 0,015t^5 - 0,463t^4 + 4,136t^3 - 7,208t^2 + 14,34t + 1209,208, & 11 \geq t \geq 1, \\ H_2(t) = -15,28t^5 + 882,04t^4 - 20349,27t^3 + 234567,65t^2 - 1,35t + 3,11, & 12 \geq t \geq 11. \end{cases}$$

$$l_3(t) = \begin{cases} P_3(t) = -25,22t^5 + 57,64t^4 - 30,96t^3, & 1 \geq t \geq 0, \\ Q_3(t) = 0,02t^5 - 0,49t^4 + 4,53t^3 - 10,11t^2 + 20,06t + 1317,122, & 11 \geq t \geq 1, \\ H_3(t) = -20,34t^5 + 1173,95t^4 - 27081,68t^3 + 312156,61t^2 - 1,80t + 4,14, & 12 \geq t \geq 11. \end{cases} \quad (8)$$

$$l_4(t) = \begin{cases} P_4(t) = -21,55t^5 + 49,47t^4 - 27,33t^3, & 1 \geq t \geq 0, \\ Q_4(t) = 0,011t^5 - 0,33t^4 + 3,02t^3 - 7,83t^2 + 16,03t + 973,54, & 11 \geq t \geq 1, \\ H_4(t) = -24,98t^5 + 1441,63t^4 - 33256,53t^3 + 383350,63t^2 - 2,21t + 5,09, & 12 \geq t \geq 11. \end{cases}$$

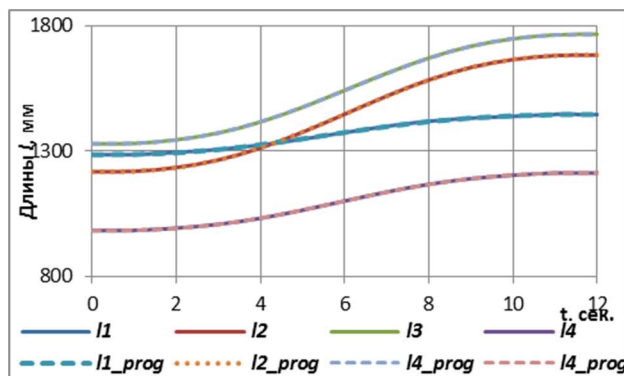


Рисунок 9 – Зависимости длин исполнительных органов $l(t)$ от времени, построенные по заданным программным перемещениям l_{prog} и по законам аппроксимации l

Figure 9 – Dependences of the lengths of the executive bodies $l(t)$ on time, plotted for given programmed displacements l_{prog} and according to the laws of approximation l

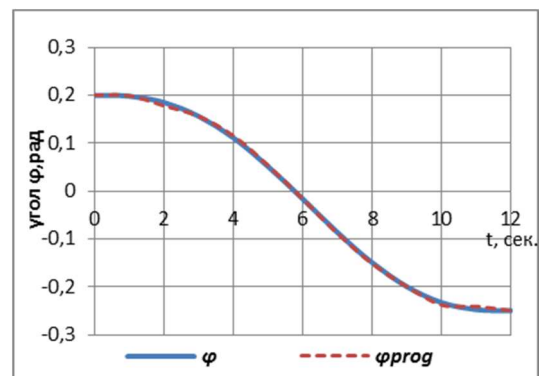


Рисунок 10 – Зависимость угла $\varphi(t)$ от времени, построенная по заданным программным перемещениям φ_{prog} и по законам аппроксимации φ

Figure 10 – The dependence of the angle $\varphi(t)$ on time, constructed according to the given program displacements φ_{prog} and according to the laws of approximation φ

Точность аппроксимации программной траектории (рисунок 9) при формировании управляющих перемещений исполнительных цилиндров оценивается отношением максимального отклонения от траектории к длине траектории:

$$\delta = \frac{\Delta y_{\max}}{L}, \text{ (в рассмотренном примере } \delta = 0.0095 \text{).}$$

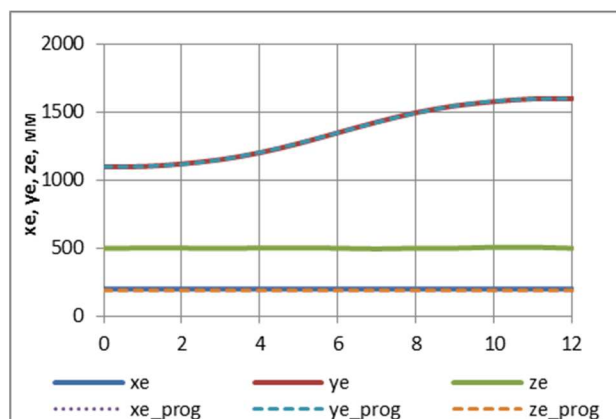


Рисунок 11 – Траектории точки E $xe(t)$, $ye(t)$, $ze(t)$, построенные по заданным программным перемещениям xe_{prog} , ye_{prog} , ze_{prog} и по законам аппроксимации xe , ye , ze

Figure 11 – The trajectories of the point E $xe(t)$, $ye(t)$, $ze(t)$, constructed according to the given program displacements xe_{prog} , ye_{prog} , ze_{prog} and according to the approximation laws xe , ye , ze

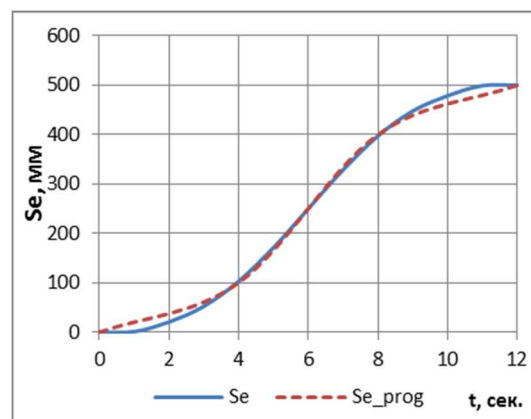


Рисунок 12 – Программный закон изменения дуговой координаты Se , построенные по заданным программным перемещениям Se_{prog} и по законам аппроксимации Se

Figure 12 – The program law for changing the arc coordinate Se , constructed according to the given program displacements Se_{prog} and according to the laws of approximation Se

Выводы. Полиномиальная интерполяция является наиболее простой. Ее эффективно применять в тех случаях, когда на основе малого числа заданных точек необходимо быстро получить приемлемый результат. Однако при полиномиальной интерполяции возможно организовать систему управления с обратной связью по скорости. Это объясняется наличием локальных экстремумов интерполяционной кривой изменения дуговой координаты. Увеличение числа узловых точек не позволяет обеспечить монотонное изменение скорости.

Поэтому используют методику расчета аналитических зависимостей законов изменения управляющих исполнительных звеньев манипулятора параллельно – последовательной структуры интерполяционными полиномами на начальном и конечном участках траектории и аппроксимацией промежуточных участков траектории, что позволяет сформировать задающий сигнал для каждого исполнительного звена манипулятора и разработать программную и позиционную с обратными связями по положению и скорости системы управления, обеспечивающих отслеживание программных траекторий.

Библиографический список

1. Воробьева Н. С., Жога В. В., Несмиянов И. А. Отслеживание приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры программных перемещений рабочего органа // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2019. № 2. С. 154-165.
2. Задача позиционирования манипулятора параллельно-последовательной структуры с управляемым захватным устройством / В. В. Жога, В. В. Дяшкин-Титов, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. № 8. Том 17. С. 525-530.
3. Кинематический синтез программных перемещений приводов манипулятора-трипода с трёхступенным захватом / Н. С. Воробьева, В. В. Жога, И. А. Несмиянов, А. Г. Иванов // Современное машиностроение. Наука и образование (ММЕСЕ-2018): материалы 7-й междунар. науч.-практ. конф. (29-30 мая 2018 г.) / под ред. А. Н. Евграфова, А. А. Поповича. Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого. Санкт-Петербург, 2018. С. 383-398.
4. Робот-манипулятор FlexPicker IRB 360 компании AAB www.abb.com/robotics [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.roboticturnkeysolutions.com/robots/abb/datasheet/IRB_360.pdf.
5. Рыбак Л. А., Гриненко Г. П. Инновационное обрабатывающее оборудование на базе параллельных структур: перспективы и направления коммерциализации // Научно-технологии в машиностроении. 2013. №7(25). С. 32-39.

6. Agbots: Weeding a field with a team of autonomous robots / W. McAllister, D. Osipychev, A. Davis, G. Chowdhary // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. V. 163. Art. no 104827.
7. Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation / M. Fawakherji, A. Youssef, D. Bloisi, A. Pretto, D. Nardi // *Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC*. 2019. Art. No 8675654. P. 146-152.
8. Efficacy of Mechanical Weeding Tools: A Study into Alternative Weed Management Strategies Enabled by Robotics / C. McCool, J. Beattie, J. Firn, C. Lehnert, J. Kulk, O. Bawden, R. Russell, T. Perez // *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2018. V. 3 (2). Art. no 8260901. P. 1184-1190.
9. Kinematic study of the weeding robot / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, N. S. Vorob'yeva, A. G. Ivanov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. V. 489 (1). Art. No. 012056.
10. Kinematics and statics analysis of a novel 4-dof parallel mechanism for laser weeding robot / W. Xuelei, H. Jie, Z. Dongjie, G. Honghong, L. Chuanjun, Z. Bin // *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2016. V. 50 (3). P. 29-38.
11. On the design of a low-cost, light-weight, and highly versatile agricultural robot / L. Grimstad, C. D. Pham, H. T. Phan, P. J. From // *Proceedings of IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts ARSO*. 2016. March. Art. No. 7428210.
12. On the unstable operating modes of manipulator electric drives / I. A. Nesmiyanov, V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, N. S. Vorob'yeva, V. V. Dyashkin-Titov, V. S. Bocharnikov // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2017. V. 46 (3). P. 232-239. DOI: 10.3103 / S1052618817030098.
13. Robotics and labour in agriculture. A context consideration / V. Marinoudi, C. G. Sørensen, S. Pearson, D. Bochtis // *Biosystems Engineering*. 2019. No.84. P. 111-121.
14. Sabanci K., Aydin C. Image processing based intelligent spraying robot for weed control // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2016. V. 25 (12). P. 5305-5312.
15. Study review and analysis of high performance intra-row weeding robot / Z. Chen, C. Zhang, N. Li, Z. Sun, W. Li, B. Zhang // *Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2015. V. 31 (5). P. 1-8.
16. Vorob'yeva N. S., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A. Program Displacement Tracing of Executive Devices by the Manipulator Drives of Parallel-Sequential Structures // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2019. V. 58 (2). P. 305-316.

Conclusions. Polynomial interpolation is the simplest. It is effective to use it in cases when you need to quickly get an acceptable result based on a small number of specified points. However, with polynomial interpolation, it does not allow you to organize a speed feedback control system. This is explained by the presence of local extremes of the interpolation curve of the arc coordinate change. Increasing the number of nodal points does not allow for a monotonous change in speed.

Herefore, the method of calculating analytical dependencies of laws of change of control actuating links of the manipulator is used in parallel - in-sequence structure by interpolation polynomials on the initial and final sections of the trajectory and approximation of intermediate sections of the trajectory, which makes it possible to generate a setting signal for each actuating link of the manipulator and to develop a program and position signal with feedback on the position and speed of the control system, which provide tracking of program paths

References

1. Vorobyova N. S., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A. Tracking by manipulator drives of the parallel-sequential structure of program movements of the working body // *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems*. 2019. № 2. P. 154-165.
2. The Problem of positioning a manipulator of a parallel-sequential structure with a controlled gripper device / V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, I. A. Nesmiyanov, N. S. Vorobyova // *Mechatronics, automation, control*. 2016. No. 8. V. 17. P. 525-530.

3. Kinematic synthesis of program displacements of manipulator–tripod drives with three-step capture / N. S. Vorobyova, V. V. Zhoga, I. A. Nesmiyanov, A. G. Ivanov // Modern mechanical engineering. Science and education (MMESE-2018): proceedings of the 7th international conference. Scientific and practical Conf. (May 29-30, 2018). Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University. Saint Petersburg, 2018. P. 383-398.
4. AAB's FlexPicker IRB 360 robot arm www.abb.com/robotics [Electronic resource]. access Mode: http://www.roboticturnkeysolutions.com/robots/abb/datasheet/IRB_360.pdf.
5. Rybak L. A., Grinenko G. P. Innovative processing equipment based on parallel structures: prospects and directions of commercialization // Science-Intensive technologies in mechanical engineering. 2013. №7 (25). Pp. 32-39.
6. Agbots: Weeding a field with a team of autonomous robots / W. McAllister, D. Osipychev, A. Davis, G. Chowdhary // Computers and Electronics in Agri-culture. 2019. V. 163. Art. no 104827.
7. Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation / M. Fawakherji, A. Youssef, D. Bloisi, A. Pretto, D. Nardi // Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC. 2019. Art. No 8675654. P. 146-152.
8. Efficacy of Mechanical Weeding Tools: A Study into Alternative Weed Management Strategies Enabled by Robotics / C. McCool, J. Beattie, J. Firm, C. Lehnert, J. Kulk, O. Bawden, R. Russell, T. Perez // IEEE Robotics and Automation Letters. 2018. V. 3 (2). Art. no 8260901. P. 1184-1190.
9. Kinematic study of the weeding robot / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, N. S. Vorob'yeva, A. G. Ivanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 489 (1). Art. No. 012056.
10. Kinematics and statics analysis of a novel 4-dof parallel mechanism for laser weeding robot / W. Xuelei, H. Jie, Z. Dongjie, G. Honghong, L. Chuanjun, Z. Bin // INMATEH - Agricultural Engineering. 2016. V. 50 (3). P. 29-38.
11. On the design of a low-cost, light-weight, and highly versatile agricultural robot / L. Grimstad, C. D. Pham, H. T. Phan, P. J. From // Proceedings of IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts ARSO. 2016. March. Art. No. 7428210.
12. On the unstable operating modes of manipulator electric drives / I. A. Nesmiyanov, V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, N. S. Vorob'eva, V. V. Dyashkin-Titov, V. S. Bocharnikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. V. 46 (3). P. 232-239. DOI: 10.3103 / S1052618817030098.
13. Robotics and labour in agriculture. A context consideration / V. Marinoudi, C. G. Sørensen, S. Pearson, D. Bochtis // Biosystems Engineering. 2019. No.84. P. 111-121.
14. Sabanci K., Aydin C. Image processing based intelligent spraying robot for weed control // Fresenius Environmental Bulletin. 2016. V. 25 (12). P. 5305-5312.
15. Study review and analysis of high performance intra-row weeding robot / Z. Chen, C. Zhang, N. Li, Z. Sun, W. Li, B. Zhang // Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2015. V. 31 (5). P. 1-8.
16. Vorob'eva N. S., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A. Program Displacement Tracing of Executive Devices by the Manipulator Drives of Parallel-Sequential Structures // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2019. V. 58 (2). P. 305-316.

Authors Information

Vorob'eva Natalia Sergeevna, head of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), candidate of technical sciences, tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: vorobva@inbox.ru

Dyashkin Andrey Vladimirovich, associate professor of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), candidate of technical sciences, tel. +7 (8442) 41-18-49.

Dyashkin-Titov Victor Vladimirovich, associate professor of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), candidate of technical sciences, tel. +7 (8442) 41-18-49.

Ivanov Aleksey Gennadievich, assistant of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), tel. +7 (8442) 41-18-49.

Fomin Sergey Denisovich, Professor, Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (26, Universitetsky Prospekt, Volgograd, Russian Federation, 400002), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> fsd_58@mail.ru

Информация об авторах

Воробьева Наталья Сергеевна, заведующий кафедрой «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: vorobva@inbox.ru

Дяшкин Андрей Владимирович, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-18-49.

Дяшкин-Титов Виктор Владимирович, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-18-49.

Иванов Алексей Геннадьевич, ассистент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49.

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-39

MODERN PROBLEMS OF CONCEPTUAL AND TERMINOLOGICAL APPARATUS IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

A. V. Slabunova, V. V. Slabunov

Federal State Budget Scientific Institution «Russian Scientific Research Institute of Land Reclamation Problems», Novocherkassk, Russia

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Abstract

Introduction. The «terminological crisis» in the field of land reclamation is long overdue. It consists in the widespread penetration of foreign terms into the Russian language, the replacement of Russian words with foreign synonyms. This situation is observed not only in colloquial speech, but also in regulatory documents. In this regard, the aim of the study is to assess and establish the possibility, appropriateness and legitimacy of the use of the term synonym «irrigation» instead of «Irrigation» in the field of land reclamation. **Object.** The object of research is the synonymous terms “irrigation” and “irrigation”, used in reclamation activities. **Materials and methods.** The research methodology was based on general scientific (analysis, synthesis, generalization, deduction, induction and historical method) and private-scientific (formally legal, comparative legal, method of legal modeling and interpretation of law) methods of cognition. The empirical basis of the study included the provisions of regulatory documents, terminological dictionaries, scientific articles published in periodicals. **Results and conclusions.** The analysis of various regulatory documents revealed that the uncertainty and inaccuracy, and, consequently, the misunderstanding of the use of certain terms, now leads to their ambiguous (ambiguous) interpretation in law enforcement practice, and this in turn leads to legal problems and causes discrepancies between specialists when considering the same issue or solving the same problem. The reasons for the widespread use of the term «irrigation» in the countries of Central Asia, the USA, Canada, China, and India are considered. The necessity of legal protection of the Russian language as the state language in Russia is established. The provisions of the Federal Law «On Land Reclamation» are given, which enshrined the basic terms and their definitions in the field of land reclamation. Existing synonyms for the terms «irrigation» and «irrigation» are analyzed. It is concluded that it is inadmissible to borrow a foreign term instead of the Russian language that is available and understandable to the citizens of the country and the need to develop a single regulatory document governing terminology in the field of land reclamation, or a system of such documents.

Key words: land reclamation, land irrigation, irrigation, terminology, synonyms.

Citation. Slabunova A. V., Slabunov V. V. Modern problems of conceptual and terminological apparatus in the field of land reclamation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 396-404 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-39.

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

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

УДК 631.6:001.4

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

А. В. Слабунова¹, кандидат технических наук

В. В. Слабунов¹, кандидат технических наук

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»,
г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. «Терминологический кризис» в области мелиорации земель существует уже давно. Он заключается в повсеместном проникновении иностранных терминов в русский язык, замене русских слов иностранными синонимами. Такая ситуация наблюдается не только в разговорной речи, но и в нормативных документах. В связи с этим цель исследования – на основе систематизации и анализа действующих нормативно-правовых, нормативно-технических документов, научно-методических и терминологических изданий в области мелиорации земель дать оценку и установить возможность, целесообразность и правомерность применения термина-синонима «иригация» взамен термина «орошение» в области мелиорации земель. **Объект.** Объектом исследований являются термины-синонимы «орошение» и «иригация», применяемые в мелиоративной деятельности. **Материалы и методы.** Методологическую основу исследования составили общенаучные (анализ, синтез, обобщение, дедукция, индукция и исторический метод) и частно-научные (формально юридический, сравнительно-правовой, метод правового моделирования и толкования права) методы познания. В эмпирическую основу исследования вошли положения нормативных документов, терминологические словари, научные статьи, опубликованные в периодической печати. **Результаты и выводы.** В результате анализа различных нормативных документов выявлено, что неопределенность и неточность, а, следовательно, и недопонимание применения тех или иных терминов приводит в настоящее время к их двусмысленному (неоднозначному) толкованию в правоприменительной практике, а это в свою очередь приводит к проблемам юридического характера и вызывает разночтения между специалистами при рассмотрении одного и того же вопроса или решения одной и той же проблемы. Рассмотрены причины широкого распространения и применения термина «иригация» в странах Центральной Азии, США, Канады, Китая, Индии. Установлена необходимость осуществления правовой защиты русского языка как государственного в России. Приведены положения Федерального закона «О мелиорации земель», которые закрепил основные термины и их определения в области мелиорации земель. Проанализированы имеющиеся синонимы к терминам «орошение» и «иригация». Сделан вывод о недопустимости употребления иноязычного термина вместо имеющегося и понятного для граждан своей страны русского и необходимости разработки единого нормативного документа, регламентирующего терминологию в области мелиорации земель, или системы таких документов.

Ключевые слова: мелиорация земель, орошение земель, иригация, терминология, термины-синонимы.

Цитирование. Слабунова А. В., Слабунов В. В. Современные проблемы понятийно-терминологического аппарата в области мелиорации земель. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 396-404. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-39.

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. Важность точного определения и однозначного понимания терминов в мелиоративной науке и практике очевидна. Отечественный теоретик-мелиоратор В. Н. Шкура, являющийся автором более 10 терминологических словарей в области мелиорации земель, уже давно отмечает сложившийся «терминологический кризис», развившийся в форме более 400 используемых наименований мелиораций, причем в большинстве случаев понятных только для самих авторов. Проблему засилья в русском языке иностранных слов и терминов, и не только в разговорной речи, но и в отношении к правовым нормам, озвучил и В. Н. Боровик [1].

Как отмечает А. И. Голованов (Методология мелиорации. – Природообустройство. 2009. № 4. С. 5-16): «Российская наука всегда отличалась методологическим фундаментом». И данный «фундамент» необходимо упрочнять в тесной увязке с накоплением новых знаний, современных идей, подходов и методов [10-12]. А это возможно только, по мнению авторов, при сохранении и соблюдении единой системы терминологии в области мелиорации земель, что является необходимым для будущих поколений мелиораторов.

Цель проведения исследования – на основе систематизации и анализа действующих нормативно-правовых, нормативно-технических документов, научно-методических и терминологических изданий в области мелиорации земель дать критическую оценку и установить возможность, целесообразность и правомерность применения термина-синонима «иригация» взамен термина «орошение» в области мелиорации земель.

Материалы и методы. Объектом исследований являются термины-синонимы «орошение» и «иригация», применяемые в мелиоративной деятельности. Методологическую основу исследования составили общенаучные (анализ, синтез, обобщение, дедукция, индукция и исторический метод) и частно-научные (формально юридический, сравнительно-правовой, метод правового моделирования и толкования права) методы познания. В эмпирическую основу исследования вошли положения нормативных документов, терминологические словари, научные статьи, опубликованные в периодической печати.

Результаты и обсуждение. В статье проведен анализ положений действующих нормативно-правовых, нормативно-технических документов, научно-методических изданий и терминологических словарей в области мелиорации земель по вопросу правомерности и практики применения терминов «орошение» и его синонима «иригация».

Согласно Мелиоративной энциклопедии (2003):

- «Иригация [от лат. irrigatio – орошение, полив] – то же, что орошение. Термин не рекомендован к употреблению»;

- «Орошение – комплекс мероприятий по проведению поливов, направленных на улучшение водного режима почв и растений, испытывающих в естественных условиях недостаток влаги».

Необходимо отметить, что словарь-справочник гидротехника-мелиоратора (1955 г.), дающий краткое объяснение понятий и терминов, используемых при производстве строительных работ, эксплуатации сооружений и сельскохозяйственном освоении мелиоративных участков, а также при чтении проектно-сметных материалов, относящихся к водохозяйственным мероприятиям, выполняемых в огромных масштабах в колхозах и совхозах СССР, дает следующие определения:

- «Иригация – см. орошение»;

- «Орошение – агротехнический прием, направленный на получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур путем искусственного увлажнения почвы в нужные сроки».

То есть терминология, приведенная в словаре-справочнике гидротехника-мелиоратора (1955) и Мелиоративной энциклопедии (2003), дает четкое представление об «однотипности» терминов «иригация» и «орошение», и в то же время полном их отличии друг от друга и недопустимости взаимозаменяемости.

Применение термина «ирригация» имеет место и в более поздних изданиях. Так, согласно [3], «ирригация – (искусственное) орошение (увлажнение) сельскохозяйственных земель (угодий)», а определение термина «орошение земель» приводится в 3-х вариациях, в соответствии с функциональным назначением, ссылаясь на основные терминологические нормативные документы такие, как ГОСТ 19185-73 «Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения» и ГОСТ 26967-86 «Гидромелиорация. Термины и определения».

В данном случае нельзя запретить обобщать имеющуюся терминологию в различные издания, но если рассмотреть более глубоко возможность применения мы видим, что согласно ГОСТ 19185-73, «орошение – искусственное увлажнение почвы для повышения ее плодородия», а термин «ирригация» определяется недопустимым к применению термином-синонимом, как и производный от него термин «ирригационная система». Это же, в свою очередь, подтверждается толкованием данного термина, приведенном в справочнике [9]: «орошение земель – искусственное увлажнение почвы для повышения ее плодородия». И здесь же – «не допускается вместо термина «орошение земель» использовать термин «ирригация»». И здесь стоит обратить внимание на Единый строительный терминологический словарь (2012), в котором термин «ирригация» отсутствует, а термин «орошение» применяется в 2-х вариациях согласно ГОСТ 19185-73 и СП 100.13330.2016 «Мелиоративные системы и сооружения».

Отметим еще один неоднозначный факт использования измененной редакции термина, приведенной в ГОСТ 26967-86, где «орошение земель» определяется как «гидромелиорация с подводом воды на земли с недостаточной природной водообеспеченностью». При этом термин «ирригация» в данном нормативном документе не используется и не определяется.

Один из последних изданных словарей в области мелиорации [8] вообще не содержит термина «ирригация», а определение термина «орошение» совпадает с его трактовкой в Мелиоративной энциклопедии (2003).

Изучение и анализ многоязычного технического словаря по ирригации и дренажу (1977), содержащего около 12 000 терминов, работа над которым продолжалась более 12 лет и в разработке которого приняли участие Национальные комитеты по ирригации и дренажу 59 стран-членов Международной комиссии по ирригации и дренажу (МКИД), показывают, что Национальный комитет СССР по ирригации и дренажу при переводе оригинальной версии многоязычного технического словаря по ирригации и дренажу, и издании его в своей стране, уже в то время регламентировал использование термина «орошение» и его производных, при этом термин «ирригация» является английским вариантом термина «орошение», как и его производные.

Первый в отечественной истории мелиорации земель (являющийся правовой базой современного мелиоративного законодательства) Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель», который закрепил основные термины и их определения в области мелиорации земель, не содержит такие термины, как «орошение» и «ирригация». Здесь, в свою очередь, проводится типизация мелиорации земель, и выделяется такой тип, как гидромелиорация земель, которая «направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мер по подъему, подаче, распределению и отводу вод с помощью мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений». К этому типу мелиорации земель относятся оросительная, осушительная, противопаводковая, противоселевая, противоэрозионная, противооползневая и другие виды (рисунок 1). Именно этот нормативно-правовой акт впервые на законодательном уровне закрепил типы и виды мелиорации земель [6].

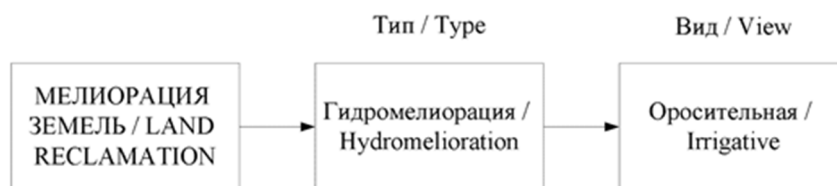


Рисунок 1 – Иерархия терминов в области мелиорации земель согласно № 4-ФЗ «О мелиорации земель»

Figure 1 – Hierarchy of terms in the field of land reclamation according to No 4-FZ «On land reclamation»

Терминология, приведенная в нормативно-техническом документе национального значения ГОСТ Р 58330.2-2018 «Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация», содержит термин «орошение», которое трактуется как «мелиоративное мероприятие, осуществляемое путем подачи воды из водного источника (наземного или подземного) в целях регулирования водного и связанных с ним воздушного, солевого и др. режимов почвы». И этот же документ закрепляет определение термина «гидромелиорация», который толкуется как «Тип мелиорации земель, осуществляемый посредством подачи или отвода воды, сохранения и перераспределения влаги с целью регулирования водного режима земель (почв) и территорий». Термин «иригация» или производные от него в данном документе отсутствуют.

Отметим широкое распространение и применение термина «иригация» в странах Центральной Азии, США, Канады, Китая, Индии и других странах по первопричине его латинского происхождения и особенностей ведения водной политики. Собственно иригация как вид деятельности в этих странах тесно связана с организацией дренажа, в связи, с чем частое употребление словосочетания «иригация и дренаж» представляется оправданным. Это словосочетание используется в названии научно-технической неправительственной организации по вопросам повышения уровня управления водными и земельными ресурсами – МКИД. Российская Федерация с 2013 г. тоже является ее участником (с созданием Национального комитета по иригации и дренажу (НКИД)), что было обусловлено важностью участия в международных организациях для развития агропромышленного комплекса России. В сферу деятельности МКИД входят не только вопросы в области управления водными и земельными ресурсами для орошения и осушения земель, но и борьба с паводками, меры по регулированию русел рек, проведение комплексных исследований с использованием современной техники, защита против вторжения морских вод на сельскохозяйственные земли (приказ Минсельхоза России от 14 апреля 2008 г. № 201 «О Комиссии по иригации и дренажу Минсельхоза России (Национальном комитете Российской Федерации по иригации и дренажу)»).

В связи с исторически сложившейся причинно-следственной связью сначала распада СССР, а потом образованием бывшими союзными республиками в 1991 г. Содружества Независимых Государств (СНГ), в законодательстве этих стран в области мелиорации земель широко используются термины «мелиорация земель», «иригация» и «улучшения земель» (или почв) [4]. Необходимо отметить, что нормативно-правовая база стран СНГ в сфере мелиорации земель является достаточно обширной, но специализированные законодательные акты в области мелиорации были приняты лишь в трех странах (Украине, Беларуси и Азербайджане), но, осознав «цену» воды и роль орошения, в 2018 г. и Туркменистан принял соответствующий закон от 20 октября 2018 г. № 76-VI «О мелиорации земель».

При этом в законодательстве Украины, как и Белоруссии, орошение рассматривают как один из видов гидротехнической мелиорации. В законодательстве Азербайджанской Республики (Закон от 05 июня 1996 г. № 116-ІГ «О мелиорации и ирига-

ции») широко употребляется термин «ирригация», который отождествляется с понятием «орошение», и производные от него выражения (например, «ирригационные (оросительные) системы», «мелиоративные и ирригационные мероприятия»). Данный закон «устанавливает правовые основы деятельности в области мелиорации и ирригации».

Подход к определению термина «ирригация» в Узбекистане, совпадает с азербайджанским (как впрочем, и во всех остальных республиках Центральной Азии): «иригация (орошение) – это подача воды на посевы на землях с нехваткой природной воды путем проведения инженерно-технических и других мероприятий» [5, 7].

В законодательстве рассматриваемых стран термин «ирригация» рассматривается адекватным термину «мелиорация», что, например, в соответствии с российским законодательством абсолютно недопустимо, т. к. по своей сущности «мелиорация земель» является главенствующим понятием и поглощает в себе понятие «ирригация», являясь мелиоративным мероприятием.

Следует отметить, что в этих странах остро стоят проблемы, связанные с обеспечением населения необходимым количеством воды для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд. Вода в этих странах является особо ценным жизненно необходимым ресурсом, а поставка воды на орошение тесно связана с водоснабжением населения питьевой водой.

Анализ публикаций (научных работ), отражающихся в результате поискового запроса «иригация» в области мелиорации земель, позволяет отметить, что данный термин в основном применяется для «красоты», так сказать, «модного» названия статьи, чтобы быть на волне современности (повсеместного внедрения в русский язык иностранных терминов). И действительно, термин «иригация» в основном присутствует в названиях научных работ, а его внутреннее содержание полностью «русифицировано», т. е. по тексту применяется термин «орошение» и производные от него (например, в [2]).

Неопределенность и неточность, а следовательно, и недопонимание применения тех или иных терминов приводит в настоящее время к их двусмысленному (неоднозначному) толкованию в правоприменительной практике. Нерешенность данной проблемы уже приводит и приведет в будущем к ее обострению. В настоящее время разрабатываются, принимаются и утверждаются новые нормативные документы и не только в области мелиорации земель, в которых применяют термин «иригация» вместо «орошение» ГОСТ Р 58534-2019 «Экологический менеджмент. Эффективность использования ресурсов. Часть 1. Основные принципы и стратегии»), и его производные – термины «иригационное оборудование» (СП 100.13330.2016 «Мелиоративные системы и сооружения»), «иригационные поля утилизации» (Пособие по эксплуатации иригационных полей утилизации животноводческих стоков), что может создать правовые коллизии в юридическом аспекте.

Например, в современном мире широкое применение термин «иригация» получил не только в мелиоративной практике, но еще и в медицине, в частности в стоматологии. Из медицинской практики примеры: «иригационные системы для физиодиспенсера – это специальные трубки...», «иригация полости рта». Таким образом, приходим к выводу, что если рассматриваются оросительные системы и их называют «иригационными», то необходимо по тексту обязательно уточнять «иригационные системы в области мелиорации земель», чтобы не происходило подмены понятий.

С другой стороны, необходимо осуществлять правовую защиту русского языка как государственного в России, что регулируется ч. 6 ст. 1 Федерального закона от 01 июня 2005 г. № 53-ФЗ «О государственном языке Российской Федерации». Косвенно в ней установлен запрет на использование в нормативных актах заимствованных иностранных слов при наличии их аналогов в словарном составе русского языка, что, на

наш взгляд, является правомерным. Очевидно, что логичнее применять более понятный термин с русскими корнями, чем использовать заимствованный иноязычный термин, что вызвано в основном желанием разработчиков придать нормативному документу наукообразность, дополнительную «солидность». Кроме того, негативная сторона данного желания разработчиков заключается в риске неправильного применения закона заинтересованными лицами из-за неоднозначности понимания терминологии адресатами законов. Например, в Польше с 1999 г. действует закон о защите польского языка, строго запрещающий применять иностранные слова, имеющие польские аналоги.

Актуальность проблемы сохранения русского языка, а также и его значимость для страны отметил в своем выступлении 5 ноября 2019 г. и Президент России В. В. Путин, назвав «сохранение русского языка вопросом национальной безопасности» (Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/61986>).

Подтверждением вышесказанного является проведенный поиск и анализ синонимов к терминам «орошение» и «иригация» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Синонимы к анализируемым терминам

Figure 2 – Synonyms for the analyzed terms

К термину «орошение» в русском языке существует, как показал поиск, 10 синонимов, однозначных по смыслу. К термину же «иригация» – всего два: один из области мелиорации, другой – предположительно из области медицины. Таким образом, применение иностранной терминологии может стать причиной возникновения правовой неопределенности, вызвать в правоприменительной практике проблемы юридического характера, а также разночтения между специалистами при рассмотрении одного и того же вопроса или решения одной и той же проблемы.

Выводы. Поставленная в статье проблема важна и актуальна для развития всей мелиоративной науки, для сохранения ее методологической основы. Всесторонний анализ вопроса применения иностранной терминологии в русском языке показал, что в науке и практике отечественной мелиорации земель необходимо применять термин «орошение» и его производные, а не его латинский термин-синоним «иригация». Нерешенность данной проблемы уже в настоящее время приводит и приведет в будущем в перспективе к дальнейшему ее обострению. Все вышесказанное однозначно приводит к необходимости разработки единого нормативного документа, регламентирующего терминологию в области мелиорации земель, или системы таких документов.

Библиографический список

1. Боровик Н. В Проблемы понимания российских законов // Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе: сб. статей Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 2016. С. 237-245.

2. Иванютин Н. М. Комплексная оценка пригодности вод реки Альма для целей ирригации // Экология и строительство. № 4. 2019. С. 22-32.
3. Колганов А. В., Шкура В. Н., Щедрин В. Н. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминологический словарь / под ред. В. Н. Щедрина. В 2-х ч. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 854 с.
4. Мелиорация земель: земельно-правовой, аграрно-правовой и цивилистический подходы. Москва: Юстицинформ, 2018. 359 с.
5. Мухаммаднazarов Л. Развитие ирригации и мелиорации в республике – залог богатого урожая // Irrigatsiya va melioratsiya. 2015. № 2. С. 117-122.
6. Пышьева Е. С. История развития законодательства в области мелиорации земель в России // Journal of Russian law. 2014. Vol. 2. № 5. С. 126-134. DOI: 10.12737/3469.
7. Сангирова У. Р. Ирригация и мелиорация в развитии сельского хозяйства в Узбекистане // Вестник науки и образования. 2019. № 3-2 (57). С. 19-21.
8. Словарь мелиоратора / сост.: М. Б. Черняк [и др.]. – СПб.: Политехпресс, 2019. 93 с.
9. Справочник: термины и определения в водном хозяйстве / под ред. Н. Г. Рыбальского, В. А. Омеляненко. М.: НИА Природа, 2013. 466 с.
10. Carsten P., Tehen A. K., Robinson J. S. Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework // Journal of cleaner production. 2019. Vol. 227. P. 1054-1067. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.115.
11. Playan E., Antonio S. J., Castillo R. Irrigation Governance in Developing Countries: Current Problems and Solutions // Water. 2018. Vol. 10 (9). № 1118. DOI: 10.3390/w10091118.
12. Srinivasan M. S., Jongmans C., Bewsell D. Research idea to science for impact: Tracing the significant moments in an innovation based irrigation study // Agricultural water management. 2019. Vol. 212. P. 181-192. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.045.

Conclusions. The problem posed in the article is important and relevant for the development of the whole reclamation science, for maintaining its methodological basis. A comprehensive analysis of the use of foreign terminology in the Russian language showed that in the science and practice of domestic land reclamation it is necessary to use the term «irrigation» and its derivatives, and not its Latin synonym term «irrigation». The unresolved nature of this problem already leads and will lead in the future in the future to its further exacerbation. All of the above clearly leads to the need to develop a single regulatory document governing terminology in the field of land reclamation, or a system of such documents.

References

1. Borovik N. V Problemy ponimaniya rossijskikh zakonov // Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya na sovremennom etape: sb. statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh, 2016. P. 237-245.
2. Ivanyutin N. M. Kompleksnaya ocenka prigodnosti vod reki Al'ma dlya celej irrigacii // Jekologiya i stroitel'stvo. № 4. 2019. P. 22-32.
3. Kolganov A. V., Shkura V. N., Schedrin V. N. Slovar'-spravochnik gidrotehnika-melioratora: terminologicheskij slovar' / pod red. V. N. Schedrina. V 2-h ch. Novocherkassk: RosNIIPM, 2014. 854 p.
4. Melioraciya zemel': zemel'no-pravovoj, agrarno-pravovoj i civilisticheskij podhody. Moskva: Yusticininform, 2018. 359 p.
5. Muhammadnazarov L. Razvitie irrigacii i melioracii v respublike - zalog bogatogo urozhaya // Irrigatsiya va melioratsiya. 2015. № 2. P. 117-122.
6. Pysh'eva E. S. Istoriya razvitiya zakonodatel'stva v oblasti melioracii zemel' v Rossii // Journal of Russian law. 2014. Vol. 2. № 5. P. 126-134. DOI: 10.12737/3469.
7. Sangirova U. R. Irrigaciya i melioraciya v razvitii sel'skogo hozyajstva v Uzbekistane // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2019. № 3-2 (57). P. 19-21.
8. Slovar' melioratora / sost.: M. B. Chernyak [i dr.]. - SPb.: Politehpress, 2019. 93 p.
9. Spravochnik: terminy i opredeleniya v vodnom hozyajstve / pod red. N. G. Rybal'skogo, V. A. Omel'yanenko. M.: NIA Priroda, 2013. 466 p.

10. Carsten P., Tehen A. K., Robinson J. S. Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework // Journal of cleaner production. 2019. Vol. 227. P. 1054-1067. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.115.

11. Playan E., Antonio S. J., Castillo R. Irrigation Governance in Developing Countries: Current Problems and Solutions // Water. 2018. Vol. 10 (9). № 1118. DOI: 10.3390/w10091118.

12. Srinivasan M. S., Jongmans C., Bewsell D. Research idea to science for impact: Tracing the significant moments in an innovation based irrigation study // Agricultural water management. 2019. Vol. 212. P. 181-192. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.045.

Authors Information

Slabunova Alexandra Vasilievna, Senior Researcher FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8 (928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Slabunov Vladimir Viktorovich, Leading Research Scientist FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

Информация об авторах

Слабунова Александра Васильевна, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Слабунов Владимир Викторович, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-40

FACTOR ANALYSIS OF DATA ON EARLY POTATO YIELD IN THE FIELD EXPERIMENT AND PROCESSING OF SIMULATION RESULTS

V. V. Borodychev¹, Yu. P. Dobrachev², A. A. Buber², S. A. Menshikova²

¹*Volgograd Branch of the All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd*

²*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», Moscow*

Received 17.01.2020

Submitted 25.05.2020

This work was part of the RFBR grant “Development of irrigation management technology based on simulation of the hydrothermal regime of agrocenosis” (No. 19-416-343004 r_mol_a) with financial support from the Volgograd region

Summary

The article presents information about the conduct of a multi-factor field experiment, on the basis of which the digital simulation program "POTATO" construction and verification was performed. Performed the statistical processing of the field studies results in comparison with calculated on the simulation model.

Abstract

Introduction. The increase in crop production is necessary to provide the population with food, as well as to further increase the volume of exports. Growing potatoes, as one of the main food crops, is a strategically important task for the markets and the agricultural sector development and regulation. Relevance of the irrigation management technology using the agrocenosis simulation model development is due to the need to create a new generation of irrigation systems that allow using the achievements of scientific and technological progress and new knowledge in related fields of science for the highly efficient agri-

culture practical implementation on irrigated lands. **Object** of the research is to study the practical hydro-thermal agrocenosis regime managing aspects and develop computerized technology algorithms using an agrocenosis simulation model operation. **Materials and methods.** Based on the analysis of literature data, the authors developed an algorithm for modeling the culture development process in agrocenosis and compiled a mathematical model block diagram. In the course of field research, we collected and analyzed phenological parameters for the phases of crop development, soil and climate characteristics, agro-technical parameters, and evaluated drip and combined irrigation methods in order to determine the advantages for growing potatoes in the climatic conditions of the Volgograd region. During the experiments, two methods of watering early potatoes were studied: drip and combined (drip irrigation and fine sprinkling) with three combinations of soil moisture maintenance levels and three levels of mineral nutrition for the planned yield of 40, 50 and 60 tons per hectare. To determine the indicators of photosynthetic potatoes activity used a results of biometric accounting for the experiment variants. The potatoes photo-synthetic potential was calculated by summing the daily values of the leaf area. The growth dynamics of tubers was determined during the growing season, starting from the budding phase of plants. To determine the yield of potatoes as criteria that characterize the efficiency of production, the results of accounting for the weight of tubers in the phase of biological ripeness were selected. Mathematical processing and statistical analysis of experimental data was performed using dispersion and regression analyses based on Microsoft Office application programs. Next, a database was formed for simulation (meteorological elements, water-physical and agrochemical properties of the soil, agricultural engineering), followed by numerical experiments on experimental data to identify the model and improve its accuracy. The development of the «POTATO» dynamic model was performed in Excel using standard operators and the Visual Basic for Applications programming language. **Results and conclusions.** Accumulated over a three-year period of experimental data from multi-factor field experience combined to identify the biological parameters of the model and conduct its verification. Based on the statistical processing, we can conclude that the model is functioning properly and is suitable for predicting and managing the potato development process. The results of a multi-factor field experiment have shown that under the same conditions of soil irrigation, the use of fine sprinkling provides an increase in the yield of early-maturing potatoes by 10% compared to the drip irrigation method. An increased dose of mineral fertilizers increases the growing season duration by 1-2 days. In the phase of early potato development "sprouts - the beginning of budding" with drip irrigation, it is necessary to maintain the threshold of preseeding humidity in the layer of 0.5 m at the level of 70 % of the lowest moisture capacity. With combined irrigation, it is also advisable to maintain the pre-sowing humidity at the level of 70% of the lowest moisture capacity. In the "beginning of budding - flowering" phase with drip and combined irrigation, it is necessary to maintain the threshold of preseeding humidity in the same layer at the level of 70 % of the lowest moisture capacity. In the phase of "flowering-the end of growth" with drip irrigation it is necessary to maintain the threshold seedbed moisture at 80 % of the smallest moisture capacity, and the combined method of irrigation is recommended to maintain seedbed moisture threshold at 80 % of the lowest moisture capacity. At the same time, the maximum dose of mineral fertilizers does not always have a positive effect on the crop yield, and in some cases even reduces the productivity of agrocenosis. The obtained field data can serve as a source of information for the purposes of mathematical modeling of the production process, and the convergence of the calculated and actual parameters of crop formation indicates the adequacy of the «POTATO» model.

Key words: *early potatoes, drip irrigation, fine irrigation, simulation, evapotranspiration, photosynthesis, growth processes.*

Citation. Borodychev V. V., Dobrachev Yu. P., Buber.A. A., Menshikova S. A. Factor analysis of data on the yield of early potatoes in the field experiment and processing of simulation results / *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 404-419 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-40.

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 631.674.6:635.21:004.9

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО УРОЖАЙНОСТИ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. В. Бородычев¹, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН

Ю. П. Добрачев², доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

А. А. Бубер², научный сотрудник

С. А. Меньшикова², кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

¹Волгоградский филиал Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова, г. Волгоград

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», г. Москва

Дата поступления в редакцию 17.01.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

**Работа выполнена в рамках гранта РФФИ «Разработка технологии управления
орошением на основе имитационного моделирования
гидротермического режима агроценоза»
(№ 19-416-343004 p_мол_а) при финансовой поддержке Волгоградской области**

В статье представлена информация о проведении многофакторного полевого опыта, на основе которого выполнялись построение и верификация программы цифрового имитационного моделирования «РОТАТО». Проведена статистическая обработка полученных результатов натурных исследований в сравнении с рассчитанными на имитационной модели. Актуальность разработки технологии управления орошением с применением имитационной модели агроценоза обусловлена необходимостью создания оросительных систем нового поколения, позволяющих использовать достижения научно-технического прогресса и новые знания в смежных областях науки для практической реализации идеи высокоэффективного земледелия. Выращивание картофеля, одной из основных продовольственных культур, представляет собой стратегически важную задачу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции. На основе имитационного моделирования процессов формирования урожая становится возможным спрогнозировать урожайность и выработать необходимые агрометеорологические мероприятия в зависимости от потребностей выращиваемых культур и прогнозируемых погодных условий, обосновать выбранный режим и способ орошения, которые позволят минимизировать негативное влияние на посев и повысить урожайность с учетом экономии ресурсов. **Объектом** исследования является изучение практических аспектов управления гидротермическим режимом агроценоза и разработка алгоритмов работы компьютеризированной технологии. **Материалы и методы.** На основе анализа литературных данных авторами разработан алгоритм моделирования процесса развития культуры в агроценозе и составлена структурная схема математической модели. В ходе полевых исследований были собраны и проанализированы фенологические параметры фаз развития сельскохозяйственных культур, почвенно-климатические характеристики, агротехнические параметры, а также оценены капельные и комбинированные методы орошения (капельное орошение и мелкодисперсное дождевание) с целью определения преимуществ выращивания картофеля в климатических условиях Волгоградской области. На основе полученной информации осуществлялось формирование базы данных для имитационного моделирования с последующим выполнением численных экспериментов по опытным данным для идентификации модели и повышения ее точности. **Результаты и выводы.** Накопленные за трехлетний период экспериментальные данные многофакторного полевого опыта в совокупности позволили выполнить идентификацию биологических параметров модели и провести её верификацию. На основе проведенной статистической обработки можно сделать вывод об адекватном функционировании модели и ее пригодности для прогноза и управления процессом развития культуры.

Ключевые слова: *ранний картофель, капельное орошение картофеля, мелкодисперсное дождевание картофеля, имитационное моделирование агроценозов, урожайность раннего картофеля.*

Цитирование. Бородычев В. В., Добрачев Ю. П., Бубер. А. А., Меньшикова С. А. Факторный анализ данных по урожайности раннего картофеля в полевом опыте и обработка результатов имитационного моделирования. *Известия НВ АУК.* 2020. 2(58). 404-419. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-40.

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. Для решения задач управления продукционным процессом, протекающим в агроэкосистеме, необходимо иметь в значительной степени полное и точное количественное описание основных физиологических характеристик и факторов, оказывающих влияние на рост и развитие растений. От точности получаемых данных будет зависеть прогнозный конечный результат, позволяющий предвидеть ход процесса. Проведение полевых опытов было и остается одним из основных инструментов получения исходных данных, необходимых для создания, калибровки и апробации математических имитационных моделей. Для успешного моделирования процесса формирования урожая и назначения стратегии управления необходим сбор большого числа результатов физических измерений и подбор расчетных математических параметров функций. Перечень показателей состояния объекта моделирования, необходимых для формирования базы входных данных для последующего построения и адаптации модели может включать в себя характеристики основных блоков модели агроценоза, таких как природно-климатические условия, почвенные характеристики (водно-физические свойства и механический состав), фенологические, агротехнические и мелиоративные параметры [1]. Получение этих данных достигается путем постановки опытно-производственных экспериментов и лабораторных исследований. Факторный анализ позволяет определить взаимозависимости изучаемых параметров и оценить значение ошибки при сравнении точности модельных прогнозов и результатов полевого опыта.

Материалы и методы. С целью получения необходимых экспериментальных данных для последующего построения компьютерной имитационной модели, в период с 2015 по 2017 гг. был заложен многофакторный опыт по выращиванию раннеспелого картофеля на светло-каштановых почвах сухостепной зоны Волгоградской области. Натурные полевые исследования выполнялись в крестьянско-фермерском хозяйстве (КФХ) «Выборнов В.Д.» Ленинского района. В хозяйстве используется традиционная для региона система растениеводства и агротехнических мероприятий.

При проведении опытов изучались два способа полива раннего картофеля: капельный и комбинированный (капельный полив + мелкодисперсное дождевание) при трех комбинациях уровней поддержания влажности почвы и трёх уровнях минерального питания под планируемую урожайность на 40, 50 и 60 т/га. При выборе вариантов поддержания влажности руководствовались современными работами по обоснованию водного режима почвы при выращивании картофеля на капельном орошении [10, 12]. В качестве посадочного материала был использован высокоинтенсивный и районированный сорт картофеля «Импала». На всех вариантах полевого опыта, в которых применялось систематическое размещение делянок, рельеф, почвенные и гидрологические условия участка были достаточно однородными. Требования репрезентативности и однородности почвенного покрова были соблюдены в соответствии с существующими методиками постановки полевого опыта [4].

Опытный участок размещен в 4-польном севообороте с насыщением 25 %: 1-е поле – яровые зерновые; 2-е поле – лук; 3-е поле – картофель; 4-е поле – бахчевые. Участок поля размером 180х50 м разбивался на опытные делянки: ширина одной делянки – 9 м, длина – 25 м (18 делянок). Повторности выполнялись на делянках, размером 9х5 м (54 делянки). Раскладка капельных линий производилась через 1,4 м, всего было разложено 129 капельных линий по 50 м каждая. На 1 м² приходилось порядка 6 растений, растения высаживались в сдвоенный рядок на расстоянии 0,3 м друг от друга, посередине располагалась капельная линия. Размещение делянок и линий капельного орошения представлено на рисунке 1.

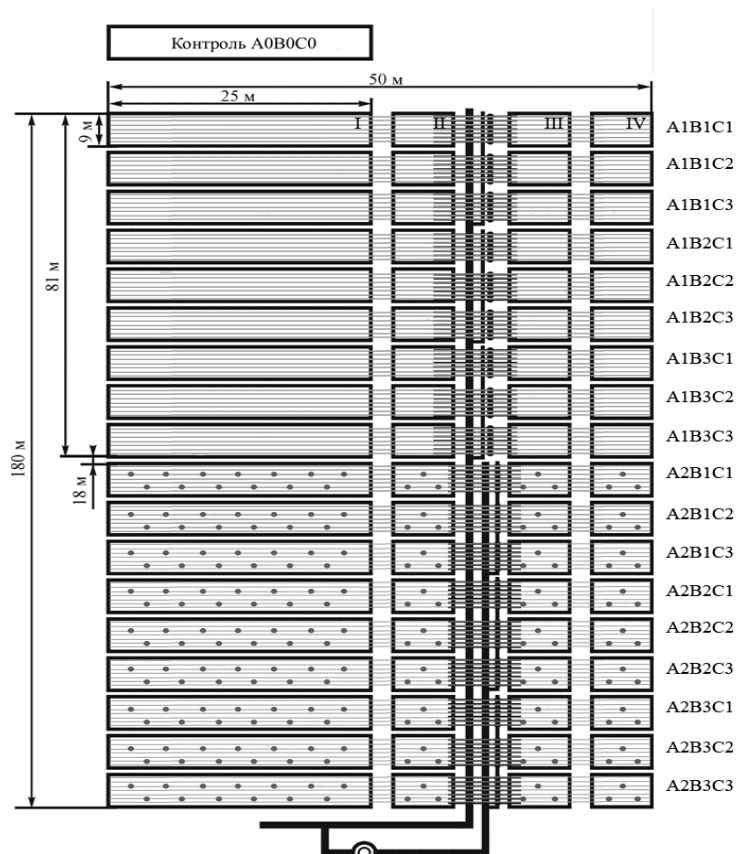


Рисунок 1 – Размещение делянок и поливной техники на участке

Picture 1 - Placement of plots and irrigation equipment on the site

В опытах изучали влияние 3 факторов на урожайность раннего картофеля. Способ полива – фактор № 1, варианты:

A1 – капельное орошение;

A2 – комбинированное орошение (капельное + мелкодисперсное дождевание, включается автоматически при достижении температуры воздуха 25 °С).

Водный режим почвы – фактор № 2, варианты:

B1 – поддержание в слое 0,5 м постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ;

B2 – поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-80-80 % НВ (70 % НВ в период от посадки до фазы бутонизации, 80 % НВ – с начала фазы бутонизации до завершения вегетационного периода);

B3 – поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-70-80 % НВ (70 % НВ в период от посадки до фазы массового цветения картофеля, 80 % НВ – с начала фазы цветения до завершения вегетационного периода).

Уровень минерального питания – фактор № 3, варианты:

С1 – доза внесения минеральных удобрений, рассчитанная под планируемую урожайность 40 т/га клубней картофеля;

С2 – внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 50 т/га клубней картофеля;

С3 – внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 60 т/га клубней картофеля.

В полевом опыте был предусмотрен эталонный (контрольный) участок посадки картофеля, культивируемого на богаре, без внесения удобрений (код варианта опыта – А0В0С0).

Подготовка семенного материала в хозяйстве осуществлялась в марте каждого года. После зимнего хранения клубни картофеля перебирали и калибровали по фракциям. Для ранней посадки использовались только здоровые отобранные клубни весом около 50 г, выдержанные на свету при температуре около 10-15 °С. Посадочный материал считался подготовленным, если на клубнях начиналось образование глазков. Подготовка семенного материала включала обработку препаратом Вермистим (доза 8 л/т) непосредственно перед посадкой.

Посадка раннего картофеля в изучаемой агроклиматической зоне, как правило, выполняется в конце первой декады апреля. Посадка проводилась при достижении почвой физической и биологической спелости (высыхание и прогревание на глубину 0,1 м до 7-8 °С) 11 апреля в 2015 году, 12 апреля в 2016 году и 7 апреля в 2017 году.

Предпосадочная обработка почвы предусматривала борьбу с сорняками и создание разрыхленного пахотного слоя, легко проницаемого для поступления осадков и поливной воды. После уборки предшественника участок обрабатывали гербицидом Раундап (доза 5 л/га). Зяблевую вспашку проводили через 30 суток после обработки гербицидом, на глубину 25 - 30 см трактором ДТ-75 с навесным плугом ПЛН-4-35.

Использовался ленточный способ посадки картофеля в сдвоенный гребень, по схеме 90 + 50. Эта схема посадки получила широкое распространение в Волгоградской области. Данный способ позволяет использовать одну капельную линию на два ряда растений. Густота посадки определялась из расчета размещения порядка 60 тыс. кустов на 1 га. После заделки клубней гребни формировали высотой 0,12 - 0,15 м. Для наилучшей инсоляции растений рядки были сориентированы с севера на юг.

В период вегетации уход за растениями включал двукратное рыхление междурядий с окучиванием. Для борьбы с сорняками до появления всходов картофеля дополнительно проводили опрыскивание гербицидом Стомп (33 % к.э.). Для борьбы с колорадским жуком применяли Актара (25 % в.г. в дозе 0,1 кг/га), который вносили с поливной водой. В 2017 году при обнаружении колорадского жука потребовалось дополнительное опрыскивание посадок препаратом Конфидор (20 % в.р.к. в дозе 0,25 л/га).

Сроки уборки раннего картофеля – середина июля. За 3-5 дней до сбора урожая картофеля ботву убирали, что способствует утолщению кожуры клубней и их лежкости. После копки картофеля с помощью мотоблока клубни подсушивали на открытом воздухе в течение 3-5 часов и определяли их массу на каждой деланке, а также массу клубней в отдельных кустах. Обработку данных вели с использованием современных методов [13].

Поливную норму рассчитывали по формуле А. Н. Костякова (1960):

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot (W_{HB} - W_{П}), \quad (1)$$

где m – поливная норма, м³/га; h – глубина активного слоя, м; α – плотность сложения почвы, т/м³; W_{HB} и $W_{П}$ – влажность активного слоя почвы, соответственно при наименьшей влагоемкости и перед поливом, % от массы сухой почвы.

Однако в случае использования технологии полива с помощью капельного орошения применять вышеуказанную формулу без коэффициента, учитывающего долю площади, оставшуюся неувлажненной при поливе, некорректно. Коэффициент S определяет отношение увлажняемой площади к общей площади экспериментального участка. Для рассматриваемых условий формула расчета поливной нормы преобразована следующим образом:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot S (W_{HB} - W_{П}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2)$$

где S – доля площади, подлежащая увлажнению.

При первом способе полива – капельном орошении, производительность капельницы составляет 1,3 л/час. Общая длина капельных линий – 6450 м. Число капельниц – 21 500 шт./га. Общий расход капельниц в час составляет 27,9 м³/га. Продолжительность полива для поддержания в слое 0,5 м заданного порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ составляла 7,1 часа (200 м³/га). Продолжительность полива для поддержания в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы на уровне 70 % НВ составляет 10,7 часа (300 м³/га).

При втором способе полива в опытах использовалась конструкция системы комбинированного орошения. Мелкодисперсное орошение в комбинированной системе реализуется высокоэффективными мелкокапельными дождевателями последнего поколения, которые обеспечивают высокую равномерность полива. Система автоматизирована: включение и её функционирование выполняется по показаниям датчиков температуры воздуха [6].

В основу разработки системы комбинированного орошения положен модульный принцип, позволяющий при проектировании оросительных систем устанавливать размеры водоподводящей сети и производительность оборудования в зависимости от конкретных условий объекта: размеров орошаемых участков, особенности водного режима орошаемой культуры, уклонов местности и других природно-хозяйственных условий. Также, в зависимости от площади проектируемого объекта, в него включается необходимое количество модульных участков. Площадь применяемого нами типового модульного участка составляет 0,45 га. Длина поливных трубопроводов составляет 50 м, распределительных – 180 м. Продолжительность полива мелкодисперсным дождеванием (МДД) – 5 минут.

В опытах на картофеле автоматическая система мелкодисперсного дождевания запускалась при достижении температуры воздуха на высоте 2 м выше 25 °С, - регулятор поворачивает ручку шарового крана и увеличивает рабочее давление до 0,2 МПа, после чего в работу вступают аэрозольные установки с распылительными насадками. Диспергированные капли воды размером 200 - 300 мкм оседают на листьях и стеблях растений, при ее испарении снижается температура листа и повышается влажность воздуха. Изменяется микроклимат внутри посадок раннего картофеля, и создаются комфортные условия для произрастания растений (снижение температуры воздуха и увеличение его влажности в приземном слое атмосферы) [5, 20]. Стойки-распылители располагались в шахматном порядке с расстоянием 3,5 x 3,5 м, высота штанги распылительной насадки – 1 м. Такая конструкция обеспечивает равномерное распределение дождя по площади размещения опытных вариантов посадок картофеля. Расход воды за один полив – 0,5 м³/га. В 2015 году число включений МДД составило 462-486 раз, было израсходовано воды 231-243 м³/га за вегетацию. В 2016 году температура воздуха над посадками поднималась выше 25 °С 375-411 раз, расход воды за вегетацию составил 187,5-205,5 м³/га. В 2017 году включение происходило 252-279 раз, израсходовано 126-147 м³/га воды. Поливная вода учитывалась по показаниям счетчика-водомера и контролировалась в момент подачи воды на орошаемый участок.

Дозы внесения минеральных удобрений назначали по вариантам опыта в соответствии с программой проведения эксперимента. Количество вносимых удобрений (азот, фосфор, калий) рассчитывалось методом элементарного баланса, исходя из средней нормы потребления на 1 т урожая, с учетом эффективности их использования.

Исходя из расчета выноса на планируемую урожайность картофеля 40 т/га, потребление элементов из почвы будет составлять соответственно 200 кг азота (N), 100 кг фосфора (P) и 400 кг калия (K). По имеющимся в хозяйстве агрохимическим данным в среднем в расчетном слое почвы до 0,3 м содержится 24,9 мг/кг азота, 25,6 мг/кг фосфора и 314 мг/кг калия. Плотность сложения почвы составляет 1,21 т/м³, тогда вес почвы на гектар в слое 0,3 м составляет 3630 тонн. Таким образом, расчетное количество легкорастворимых форм азота, фосфора и калия в почве составит (кг/га):

$$(N) 24,9 \text{ мг/кг} * 3630 \text{ тонн/га} = 9038700 \text{ мг/га} = 90,4 \text{ кг/га}.$$

Согласно агрохимическим данным из этого количества легкогидролизуемого азота, содержащегося в почве, только 50-80 % (среднее 60 %) может быть использовано растением. Тогда:

$$90,4 \text{ кг/га} * 0,6 = 54,2 \text{ кг/га}.$$

Таким образом, дефицит составит:

200 кг/га – 54,2 кг/га = 145,8 кг/га – расчетная доза минерального азота, требуемая для получения заданной урожайности.

Учитывая ассимиляцию 10 % минерального азота в почву с поливной водой, получаем дозу азота в действующем веществе 160,1 кг/га.

Аналогичным образом рассчитывалось требуемое количество фосфора и калия.

По итогам балансовых расчетов были получены следующие дозы внесения минеральных удобрений, требуемые для получения планируемой урожайности клубней картофеля: 40 т/га – N₁₆₀ P₈₉ K₆₄; 50 т/га – N₂₁₅ P₁₁₇ K₁₇₄; 60 т/га – N₂₇₀ P₁₄₄ K₂₈₄.

Азотные удобрения вносили в форме аммиачной селитры (34 % азота), фосфорные – в форме двойного суперфосфата (45 % фосфора) и калийные – в форме хлористого белого калия (60 % калия). Физический вес удобрений под урожайность 40 т/га составил: аммиачная селитра – 465 кг/га, двойной суперфосфат – 198 кг/га, хлористый калий – 107 кг/га; под урожайность 50 т/га - аммиачная селитра – 625 кг/га, двойной суперфосфат – 260 кг/га, хлористый калий – 290 кг/га; под урожайность 60 т/га - аммиачная селитра – 785 кг/га, двойной суперфосфат – 320 кг/га, хлористый калий – 473 кг/га. Также при фертигации использовали монокалий фосфат и калийную селитру. Результаты расчета доз внесения минерального представлены в таблице 1.

Все применяемые удобрения хорошо растворимы в воде и вносились вместе с поливной водой в ранние сроки вегетации.

Таблица 1 – Дозы внесения минеральных удобрений в зависимости от планируемой урожайности, в действующем веществе

Table 1 – Doses of mineral fertilizers depending on the planned yield in the active substance

Планируемая урожайность / The planned yield t/ha	Аммиачная селитра / Ammonium nitrate	Хлористый калий / Potassium chloride	Двойной суперфосфат / Double superphosphate
40	160	89	64
50	215	117	174
60	270	144	284

При анализе информации, полученной в ходе выполнения исследований, использовались апробированные методики. Агрохимический анализ почвы опытного участка проводился ЗАО Фирмой «Август» Региональная группа «Агроанализ-Дон».

Фазы развития растений принимались согласно визуальному обследованию. За начало фазы развития принимали день, когда не менее 10 % растений вступало в фазу развития. За полное наступление фазы принимали день, когда 75 % растений вступили в фазу.

Для определения показателей фотосинтетической деятельности картофеля использовали общепринятую методику и результаты биометрических учетов по вариантам опыта. Площадь листьев определяли методом высежек. Фотосинтетический потенциал картофеля рассчитывали суммированием ежесуточных значений площади листьев.

Динамику прироста клубней определяли в течение вегетационного периода, начиная с фазы бутонизации растений. Для определения урожайности картофеля в качестве критериев, характеризующих эффективность производства, были отобраны результаты учета веса клубней в фазу биологической спелости. Урожайность картофеля учитывалась в период технической спелости клубней. Созревание клубней картофеля при капельном орошении в 2015 году отмечалось и фиксировалось 9 июля, а при комбинированном – 17 июля. В 2016 году на участке с капельным орошением – 12 июля, с комбинированным – 18 июля. По данным на 2017 год, при капельном поливе техническая зрелость клубней наступила 7 июля, а при комбинированном поливе – 14 июля.

Математическую обработку и статистический анализ экспериментальных данных проводили с использованием дисперсионного и регрессионного анализов на базе прикладных программ Microsoft Office.

Для рассмотренных способов полива могут применяться различные подходы к математическому моделированию, отражающие физические особенности процесса влагопереноса при орошении, учитывающие как внутрипочвенные функции, так и эвапотранспирацию [2, 3, 7-9, 11, 14-19]. Разработку динамической модели «ПОТАТО» выполняли в среде Excel с применением стандартных операторов и языка программирования Visual Basic for Applications.

Результаты и обсуждение. Накопленные за период с 2015 по 2017 годы экспериментальные данные многофакторного полевого опыта в совокупности позволили выполнить идентификацию биологических параметров модели и провести её верификацию.

В процессе формирования урожая существенное влияние на продуктивность оказывает водный статус растений, температурный режим почвы и растений и уровень внесения минерального питания. Наибольший сбор клубней раннего картофеля в опытах обеспечивался на участке с комбинированным орошением при варианте поддержания в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы 70 % НВ в период от посадки до фазы массового цветения картофеля; 80 % НВ – с начала фазы цветения до завершения вегетационного периода, и при внесении минерального питания под максимальную планируемую урожайность 60 т/га (действующего вещества: 270 кг/га азота, 144 кг/га фосфора и 284 кг/га калия) (таблица 2).

При комбинированном орошении и варианте полива ВЗ (поддержание 70 % НВ в период от посадки до фазы массового цветения картофеля, 80 % НВ – с начала фазы цветения до завершения вегетационного периода) на всех вариантах опытов была получена максимальная урожайность, в 2015 году она составила 54,8 т/га, в 2016 – 56,3 т/га, в 2017 – 54 т/га, что более, чем на 6 т/га выше, чем при капельном орошении. Оросительная норма при этом составила 2137, 2105,5 и 2747 м³/га соответственно.

Построенные регрессионные модели по результатам трех отличных по погодным условиям лет показывают слабые стороны их применения для прогнозирования влияния агротехнических факторов на продуктивность посадок картофеля. Полученные для 2015 и 2016 годов уравнения имеют схожий характер, в то время как для 2017 года влияние изучаемых факторов практически не меняется при переходе от одной фазы к другой и остаются постоянными для всех трех режимов орошения и двух способов полива.

Таблица 2 – Средняя урожайность картофеля в т/га, полученная по вариантам опытов за 2015-2017 г.

Table 2 –Average potato yield in tons per hectare, obtained from the experimental variants for 2015-2017

Вариант опыта / Experience option		Средняя урожайность, т/га / Average yield, t/ha		
		2015	2016	2017
Капельное орошение / The drip irrigation	B1C1	36,2	37,5	32,8
	B1C2	41,9	43,3	38,1
	B1C3	38,4	39,7	34,6
	B2C1	40,3	41,6	36,9
	B2C2	45,0	46,4	41,3
	B2C3	44,7	46,1	41,0
	B3C1	40,7	42,1	36,9
	B3C2	46,9	48	43,4
	B3C3	47,2	48,7	44,8
Комбинированное Орошение / The combined irrigation	B1C1	38,1	39,7	37,2
	B1C2	44,3	45,7	43,4
	B1C3	41,2	42,7	40,1
	B2C1	43,3	44,7	42,1
	B2C2	49,8	51	48,7
	B2C3	49,5	51	48,5
	B3C1	43,5	46,9	44,5
	B3C2	54,1	55,7	53,4
	B3C3	54,8	56,3	54,0
HCP ₀₅ DNC ₀₅	фактор А / factor A	1,35	1,32	1,3
	фактор В / factor B	1,65	1,61	1,6
	фактор С / factor C	1,65	1,61	1,6
	для частных средних / for partial averages	4,05	3,96	3,91

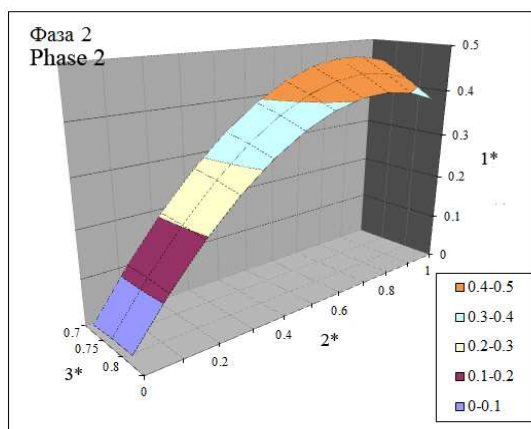
На рисунке 2 приведены результаты двухфакторного регрессионного анализа.

Результаты двухфакторного регрессионного анализа показали, что во вторую фазу развития картофеля относительная урожайность (в долях от максимума) при повышенной предполивной влажности 0,8 НВ и внесении высоких доз удобрений ниже как при капельном (0,3-0,5), так и при комбинированном орошении (0,4-0,5), чем при более низкой предполивной влажности почвы 0,6 НВ – (0,5-0,6) при капельном орошении, (0,5-0,7) при комбинированном орошении соответственно. Переувлажнение в первые фазы развития картофеля оказывает негативное влияние на продуктивность культуры и, возможно, тормозит развитие корневой системы, что приводит к потере урожая. Избыток влаги вызывает недостаток кислорода в почве, что приводит к загниванию маточного клубня.

В третью фазу развития картофеля урожайность при повышенном факторе влажности 0,75-0,8 НВ и внесении больших доз минеральных удобрений была ниже (0,35-0,45) при капельном орошении, так и при комбинированном орошении (0,4-0,5), чем в вариантах с более низкой предполивной влажностью почвы (0,6-0,7НВ), относительная урожайность в которых находится в диапазоне (0,45-0,55) при капельном орошении и (0,5-0,7) при комбинированном орошении.

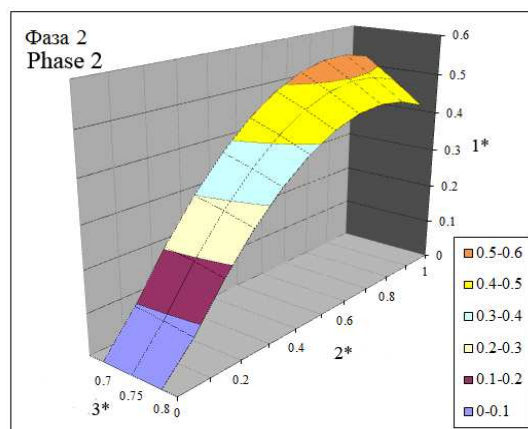
В четвертую фазу для капельного и комбинированного орошения высокая влажность 0,75-0,8 НВ и высокий уровень внесения удобрений положительно отражаются на урожайности (0,45-0,55 при капельном орошении, 0,5-0,6 при комбинированном орошении).

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ
DRIP IRRIGATION

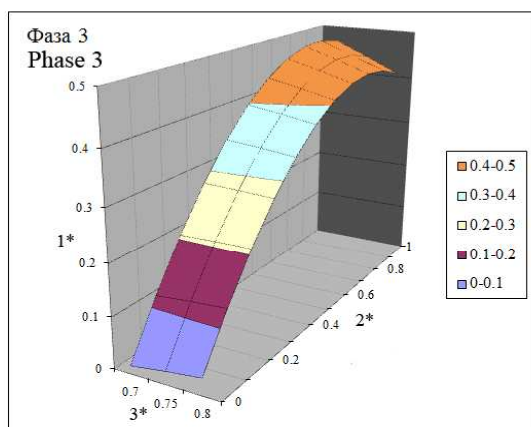


a5	a4	a3	a2	a1	a0
-0.79	-0.636	-0.809	1.6229	1.2544	-0.464

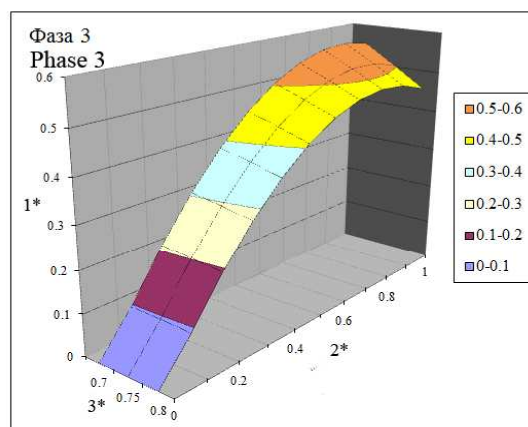
КОМБИНИРОВАННОЕ ОРОШЕНИЕ
COMBINED IRRIGATION



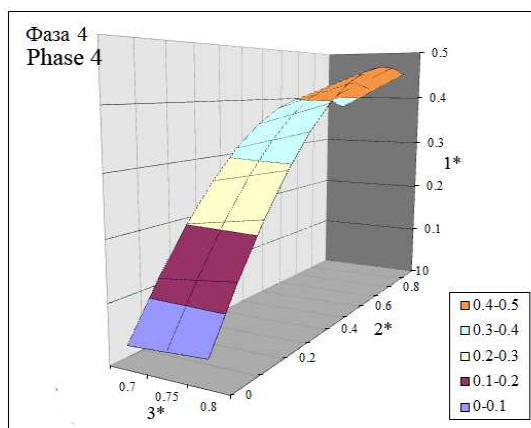
a5	a4	a3	a2	a1	a0
-1.032	-0.783	-0.769	2.0593	1.0918	-0.419



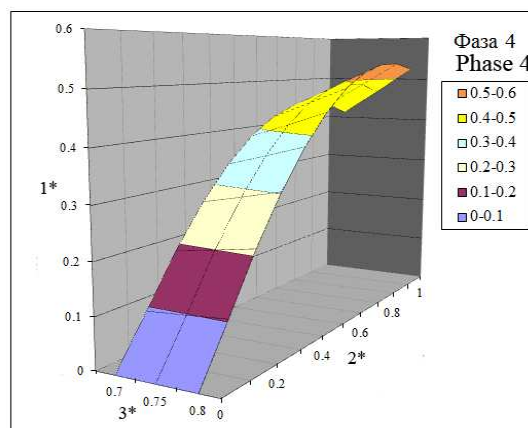
a5	a4	a3	a2	a1	a0
-0.784	-0.62	-0.297	1.6212	0.6239	-0.275



a5	a4	a3	a2	a1	a0
-1.023	-0.775	-0.393	2.0747	0.6424	-0.289



a5	a4	a3	a2	a1	a0
0.6782	-0.585	0.044	0.449	0	0.0182



a5	a4	a3	a2	a1	a0
1.1108	-0.755	0.2138	0.4088	-0.323	0.1037

1* - урожайность в долях от единицы
1* - yield as a fraction of a unit

2* - минеральное питание в долях от единицы
2* - mineral nutrition as a fraction of a unit

3* - влажность почвы в долях от НВ
3* - soil moisture as a fraction of a lowest moisture capacity

Рисунок 2 – Графики и коэффициенты уравнений регрессии по влиянию факторов В и С на урожайность картофеля за 2015-2017 гг.

Picture 2 – Graphs and coefficients of regression equations for the influence of Vis factors on potato yield for 2015-2017

Повышение влажности почвы в фазу «цветение – окончание роста ботвы» ликвидирует дефицит влаги, испытываемый растениями в этот напряженный по метеорологическим условиям период, и положительно влияет на формирование урожая. Также из статистического анализа по представленным данным было выявлено, что при комбинированном орошении урожайность выше (0,7), чем при капельном (0,6).

Опираясь на основные принципы построения моделей формирования урожая, была разработана динамическая модель «РОТАТО», имитирующая развитие посева от фазы «посадка» до фазы «техническая спелость клубней». Модель позволяет анализировать развитие посева и управлять формированием урожая в ситуациях, когда производственный процесс может лимитироваться почвенным запасом влаги и питательных веществ, а также метеорологическими условиями. При расчетах урожайности в модели предусмотрена возможность введения поправок путем отдельного учета продуктивности в различные фазы вегетации.

Для статистической оценки результатов моделирования производился сравнительный анализ расчетной выборки урожайности, полученной в численных экспериментах с натурными данными полевого опыта, выполненного в четырехкратной повторности в течение всех трех вегетационных периодов 2015 - 2017 гг.

При оценке качества работы математической модели помимо характеристик её адекватности, следует учитывать точность произведенных расчетов, определяемую по величине погрешности. Расхождение между фактически полученными натурными данными и прогнозируемыми моделью является величиной ошибки. Использование такого анализа возможно только в случае, когда прогнозируемый отрезок времени (период упреждения) уже закончился и имеются фактические значения на этот момент, или когда выполняется расчет по ретроспективным данным (ретропрогноз).

Оценка адекватности функционирования имитационной модели «РОТАТО» выполняется по нескольким критериям: с помощью дисперсионного метода определяют связи между факторными и результативными показателями, коэффициент корреляции характеризует тесноту связи между расчетными и фактическими рядами, достоверность различия рядов расчетных и фактических устанавливают по t-критерий Стьюдента. Для оценки точности прогнозирования использована взвешенная абсолютная процентная ошибка (Δ %). Результаты оценки адекватности и точности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические показатели точности и адекватности модели

Table 3 – Statistical indicators of model accuracy and adequacy

Год полевого опыта / Year of field experience	2015	2016	2017
Название параметра / Parameter name	Дисперсия по факторам, % / Variance by factors, %		
Фактора А (факт / расчет) / Factor A (fact / calculation)	0,25	0,09	4,48
Фактор Б (агротех: поливы, удобр.) / Factor B	77,21	50,14	86,14
Совместное влияние факторов / The combined effect of the factors	7,04	10,58	7,11
Случайные факторы / Random factor	15,50	39,19	2,27
	Корреляционный анализ / Correlation analysis		
Коэффициент корреляции R / Correlation coefficient R	0,7	0,6	0,8
Коэффициент детерминации R ² / Coefficient of determination R ²	0,53	0,4	0,76
Критерий Стьюдента t / Student's criterion t (Различие дост.: p = 0,05; t > 2,04)	0.1	1.8	2.6
Точность модели (100-Δ), % / The accuracy of the model	95	94	93

На основе проведенной статистической обработки можно сделать вывод об адекватном функционировании модели и ее пригодности для прогноза и управления.

Выводы. Результаты многофакторного полевого опыта показали, что при одинаковых режимах орошения почвы применение мелкодисперсного дождевания обеспечивает повышение урожайности раннеспелого картофеля на 10 % по сравнению с капельным способом полива. Повышенная доза внесения минеральных удобрений увеличивает продолжительность вегетационного периода на 1-2 суток. В фазу развития раннего картофеля «всходы – начало бутонизации» при капельном орошении необходимо поддерживать порог предпосевной влажности в слое 0,5 м на уровне 70 % от НВ. При комбинированном орошении также целесообразно поддерживать предпосевную влажность на уровне 70 % от НВ. В фазу «начало бутонизации – цветение» при капельном и комбинированном орошении необходимо поддерживать порог предпосевной влажности в слое 0,5 м на уровне 70 % от НВ. В фазу «цветение – окончание роста» при капельном орошении необходимо поддерживать порог предпосевной влажности на уровне 80 % от НВ, а при комбинированном способе полива рекомендовано поддержание порога предпосевной влажности на уровне 80 % НВ. При этом не всегда максимальная доза внесения минеральных удобрений положительно воздействует на урожайность посева, а в некоторых случаях даже снижает продуктивность агроценоза. Полученные натурные данные могут служить исходным информационным материалом для целей математического моделирования продукционного процесса, а сходимость расчетных и фактических параметров формирования урожая свидетельствует об адекватности модели «РОТАТО».

Библиографический список

1. Бубер А. А., Бородычев В. В. Разработка динамической модели формирования урожая «РОТАТО» // Известия НВ АУК. 2018. № 5 (50). С. 170-180. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-47.
2. Воротынцев А. В. Исследование моделей переноса тепла и влаги в системе почва-растение // Вестник Технологического университета Таджикистана. 2016. № 2 (27). С. 7-16.
3. Добрачев Ю. П., Соколов А. Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
5. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур / А. С. Овчинников, В. В. Бородычев, М. Ю. Храбров, В. М. Гуренко, А. В. Майер // Известия НВ АУК. 2015. № 2 (38). С. 6-13.
6. Майер А. В., Захаров Ю. И., Криволицкая Н. В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива // Известия НВ АУК. 2015. № 1 (37). С. 206 - 210.
7. Мелихова Е. В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрпочвенном орошении // Известия НВ АУК. 2016. № 1 (41). С. 228-234.
8. Моделирование продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полужков, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. 396 с.
9. Мониторинг эвапотранспирации на сельскохозяйственном поле, определение норм и сроков полива автоматизированным мобильным полевым агрометеорологическим комплексом / А. Е. Ефимов, Ю. Р. Ситдикова, А. В. Доброхотов, Л. В. Козырева // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 1. С. 100-105.
10. Обоснование водного режима почвы при капельном орошении семенных посадок картофеля в Нижнем Поволжье / Н. Н. Дубенок, Д. А. Болотин, С. Д. Фомин, А. Г. Болотин // Известия НВ АУК. 2018. № 3 (51). С. 18-26.
11. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. К вопросу о модели определения эвапотранспирации с учётом изменчивости гидрометеорологических факторов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2017. № 4. С. 9-14.
12. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / Н. Н. Дубенок, Д. А. Болотин, С. Д. Фомин, А. Г. Болотин // Известия НВ АУК. 2018. № 4 (52). С. 22-29.

13. Оценка количественных характеристик клубнеобразования дикого картофеля на основе анализа изображения с использованием компьютерного приложения Seedcounter / К. А. Иванова, Е. Г. Комышев, М. А. Генаев, А. А. Егорова, К. А. Колошина, Н. А. Чалая, Д. А. Афонников, А. В. Кочетов, Е. В. Рогозина, С. В. Герасимова // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2019. Т. 23. № 5. С. 519 - 526.

14. Полуэктов Р. А. Математические модели в теории биологических популяций и сообществ (истoki становления и первые результаты) // Математическая биология и биоинформатика. 2012. Т. 7. № 1. С. 4-8.

15. Рыжова Т. А., Мелихова Е. В., Рогачев А. Ф. Компьютерное моделирование и определение основной гидрофизической характеристики на примере светло - каштановых почв Нижнего Поволжья // Известия НВ АУК. 2019. № 3 (55). С. 397-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49.

16. Тооминг Х. Г. Математическое моделирование продуктивности посевов сельскохозяйственных культур // Вестник с.-х. науки. 1991. № 11. С. 45-53.

17. Comparative model analysis of various measures intended to crop production sustainability by «APEX-AGROTOOL» simulation system / A. Topaj, V. Badenko, V. Terleev, S. Medvedev // Crop Modelling for Agriculture and Food Security under Global Change, 2016. P. 408-409.

18. Melikhova E. V., Rogachev A. F. Computer simulation and optimization of parameters of configuration of the contour of moistening under drip irrigation of agricultures // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1193-1201.

19. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and database for simulation of irrigated crop growing Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1185-1191.

20. 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.

Conclusions. The results of a multi-factor field experiment have shown that under the same conditions of soil irrigation, the use of fine sprinkling provides an increase in the yield of early-maturing potatoes by 10% compared to the conventional method of irrigation. An increased dose of mineral fertilizers increases the duration of the growing season by 1-2 days. In the phase of development of early potatoes "sprouts-the beginning of budding" with drip irrigation, it is necessary to maintain the threshold of pre-sowing humidity in the layer of 0.5 m at the level of 70 % of HB. In case of combined irrigation, it is also advisable to maintain the pre-sowing moisture at the level of 70 % of the NW. In the "beginning of budding – flowering" phase with drip and combined irrigation, it is necessary to maintain the threshold of preseeding humidity in the layer of 0.5 m at the level of 70 % of the HB. In the phase of "flowering – the end of growth" with drip irrigation it is necessary to maintain the threshold seedbed moisture at 80 % HB, and the combined method of irrigation is recommended to maintain a threshold seedbed moisture at 80 % HB. At the same time, the maximum dose of mineral fertilizers does not always have a positive effect on the crop yield, and in some cases even reduces the productivity of agrocenosis. The obtained field data can serve as a source of information for the purposes of mathematical modeling of the production process, and the convergence of the calculated and actual parameters of crop formation indicates the adequacy of the "POTATO" model.

References

1. Buber A. A., Borodychev V. V. Razrabotka dinamicheskoy modeli formirovaniya urozhaya "POTATO" // Izvestiya NV AUK. 2018. № 5 (50). P. 170-180. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-47.
2. Vorotyncey A. V. Issledovanie modelej perenosa tepla i vlagi v sisteme pochva-rastenie // Vestnik Tehnologicheskogo universiteta Tadzhiqistana. 2016. № 2 (27). P. 7-16.
3. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. L. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 3. P. 90-96.
4. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p.

5. Kombinirovannoe oroshenie sel'skohozyajstvennykh kul'tur / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov, V. M. Gurenko, A. V. Majer // Izvesti NV AUK. 2015. № 2 (38). P. 6-13.
6. Majer A. V., Zaharov Yu. I., Krivoluckaya N. V. Universal'naya mnogofunkcional'naya sistema orosheniya dlya kombinirovannykh sposobov poliva // Izvestiya NV AUK. 2015. № 1 (37). P. 206 - 210.
7. Melihova E. V. Matematicheskoe modelirovanie processov vlagoperenosa pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii // Izvestiya NV AUK. 2016. № 1 (41). P. 228-234.
8. Modelirovanie produkcionnogo processa sel'skohozyajstvennykh kul'tur / R. A. Polujektov, Je. I. Smolyar, V. V. Terleev, A. G. Topazh. SPb.: Izd-vo S. -- Peterb. un-ta, 2006. 396 p.
9. Monitoring jevapotranspiracii na sel'skohozyajstvennom pole, opredelenie norm i srokov poliva avtomatizirovannym mobil'nykh polevykh agrometeorologicheskimi kompleksami / A. E. Efimov, Yu. R. Sitdikova, A. V. Dobrohotov, L. V. Kozyreva // Vodnye resursy. 2018. T. 45. № 1. P. 100-105.
10. Obosnovanie vodnogo rezhima pochvy pri kapel'nom oroshenii semennykh posadok kartofelya v Nizhnem Povolzh'e / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, S. D. Fomin, A. G. Bolotin // Izvestiya NV AUK. 2018. № 3 (51). P. 18-26.
11. Ol'garenko V. I., Ol'garenko I. V., Ol'garenko V. Ig. K voprosu o modeli opredeleniya jvapotranspiracii s uchjotom izmenchivosti gidrometeorologicheskikh faktorov // Modeli i tehnologii prirodoobustrojstva (regional'nyj aspekt). 2017. № 4. P. 9-14.
12. Otzyvchivost' razlichnykh sortov kartofelya na vodnyj rezhim svetlo-kashtanovykh pochv Nizhnego Povolzh'ya / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, S. D. Fomin, A. G. Bolotin // Izvestiya NV AUK. 2018. № 4 (52). P. 22-29.
13. Ocenka kolichestvennykh harakteristik klubneobrazovaniya dikogo kartofelya na osnove analiza izobrazheniya s ispol'zovaniem komp'yuternogo prilozheniya Seedcounter / K. A. Ivanova, E. G. Komyshev, M. A. Genaev, A. A. Egorova, K. A. Koloshina, N. A. Chalaya, D. A. Afonnikov, A. V. Kochetov, E. V. Rogozina, S. V. Gerasimova // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 2019. T. 23. № 5. P. 519 - 526.
14. Polujektov R. A. Matematicheskie modeli v teorii biologicheskikh populyacij i soobschestv (istoki stanovleniya i pervye rezul'taty) // Matematicheskaya biologiya i bioinformatika. 2012. Vol. 7. № 1 P. 4-8.
15. Ryzhova T. A., Melihova E. V., Rogachev A. F. Komp'yuternoe modelirovanie i opredelenie osnovnoj gidrofizicheskoy harakteristiki na primere svetlo - kashtanovykh pochv Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya NV AUK. 2019. № 3 (55). P. 397-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49.
16. Tooming H. G. Matematicheskoe modelirovanie produktivnosti posevov sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik s. -- h. nauki. 1991. № 11. P. 45-53.
17. Comparative model analysis of various measures intended to crop production sustainability by «APEX-AGROTOOL» simulation system / A. Topaj, V. Badenko, V. Terleev, S. Medvedev // Crop Modelling for Agriculture and Food Security under Global Change, 2016. P. 408-409.
18. Melikhova E. V., Rogachev A. F. Computer simulation and optimization of parameters of configuration of the contour of moistening under drip irrigation of agricultures // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1193-1201.
19. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and database for simulation of irrigated crop growing Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1185-1191.
20. 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.

Authors Information

Borodychev Victor Vladimirovich, director of the Volgograd branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova "(RF, 400002, Volgograd, 9 Timiryazev Street). E-mail: vkovniigim@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>.

Dobrachev Yuri Pavlovich, chief researcher at the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova "(Russian Federation, 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 Building 2). E-mail: dobrachev@yandex.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2186-3652

Buber Alina Aleksandrovna, researcher at the All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova "(Russian Federation, 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 Building 2). E-mail: buberalina@gmail.com ORCID: orcid.org/0000-0003-0962-2722
Menshikova Snezhana Aleksandrovna, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova "(Russian Federation, 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 Building 2).). E-mail: men.s.a@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0001-6216-6805

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9). E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Добрачев Юрий Павлович, главный научный сотрудник «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 строение 2). E-mail: dobrachev@yandex.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2186-3652

Бубер Алина Александровна, научный сотрудник «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 строение 2). E-mail: buberalina@gmail.com ORCID: orcid.org/0000-0003-0962-2722

Меньшикова Снежана Александровна, старший научный сотрудник «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 строение 2). E-mail: men.s.a@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0001-6216-6805

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41

DEVELOPMENT OF POTATO HARVESTING TECHNIQUE AND ITS MODERN PROSPECTS

V. Luchkova, S. N. Borychev

Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article provides an overview and a brief analysis of potato harvesting technology in historical terms. The latest trends in the development of potato harvesters are considered. The current prospects of trailed combines are substantiated.

Abstract

Introduction. Potato growing is a sub-branch of crop production, which is one of the most labor-intensive and energy-intensive ones. Increasing the efficiency of potato production is possible by improving the most cost components of production technology and technical means for its implementation, which include harvesting. Studying the historical development of the technical features of machine potato harvesting makes possible to identify ways to improve and modernize potato harvesters. The aim of the research is to study the technical parameters of potato harvesting machines, dividing into periods the stages of development of potato harvesting machines and determine current prospects.

Object. The object of the research are potato harvesters, their technical characteristics at different periods of time. **Materials and methods.** The research is based on archive materials and the work of modern scientists involved in this area of study, as well as technical documentation. When studying the object, the following research methods were used: analysis, synthesis, comparison, ranking, generalization, abstraction, concretization, systematization and formalization. **Results and conclusion.** One can divide the development of potato harvesters into 5 main stages and 4 transition periods. The allocation of the main stages is associated with the use of fundamentally new means of harvesting potatoes: the stage of manual labor, the horse-drawn stage, the tractor stage, the stage of self-propelled combines and the stage of robotization. It should be noted that the achievements of the previous stages are the starting point for the subsequent ones. In this regard, it is necessary to identify transitional periods that have the signs of the previous and subsequent stages and they are as follows: a plow period,

a period of elementary mechanization, a period of trailed harvesters and a period of combines with intelligent on-board systems. The formation and improvement of the used tools and means of potato harvesting is associated with periods of their development in terms of technical characteristics, which are evaluative criteria, such as labor costs, energy costs, productivity, loss of tubers, damage to tubers, reliability of agricultural machines and unit cost. In modern conditions, both trailed combines and self-propelled machinery are used. The active implementation of intelligent systems is gaining pace, but trailed potato harvesters remain the most used ones. The reason for this is the optimal ratio: cost of machines, productivity and product quality.

Key words: *potato growing, potato harvesting equipment, stages of development, trailed combines, self-propelled combines, combines with technological process robotization.*

Citation. Luchkova I. V., Borychev S. N. The development of potato harvesting technology and its current prospects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 419-428. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41.

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 631.356.4

РАЗВИТИЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ И ЕЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

И. В. Лучкова, аспирант

С. Н. Борычев, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет»,
г. Рязань

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Картофелеводство – подотрасль растениеводства, являющаяся одной из самых трудо- и энергозатратных. Повышение эффективности производства картофеля возможно путем совершенствования наиболее затратных составляющих технологии производства и технических средств по ее реализации, к которым относится уборка урожая. Изучение исторического развития технических особенностей машинной уборки картофеля позволяет определить пути совершенствования и модернизация картофелеуборочных машин. Целью исследования является изучение технических параметров картофелеуборочных машин, периодизация на их основе этапов развития картофелеуборочной техники и определение современных перспектив. **Объект.** Объектом исследования выступают средства уборки картофеля, их технические характеристики в разные периоды времени. **Материалы и методы.** В основе исследования лежат архивные материалы и работы современных ученых, занимающихся данным направлением исследований, а также техническая документация. При изучении объекта были использованы такие методы исследования, как общий анализ, сравнение элементов и показателей, обобщение, конкретизация, систематизация и частичная формализация. **Результаты и выводы.** В развитии средств уборки картофеля можно выделить 5 основных этапов и 4 переходных периода. Выделение основных этапов связано с использованием принципиально новых средств уборки картофеля: этап ручного труда; гужевого этапа; тракторный этап; этап самоходных комбайнов; этап роботизации. При этом следует отметить, что достижения предыдущих этапов являются стартовой основой последующих. В связи с этим, необходимо выделение переходных периодов, которые обладают признаками предыдущего и последующего этапов: плужный период; период элементарной механизации; период прицепных комбайнов; период комбайнов с интеллектуальными бортовыми системами. Формирование и совершенствование применяемых орудий и средств уборки картофеля связано с периодами их развития в разрезе технических характеристик, выступающих оценочными критериями, такими как трудозатраты, энергозатраты, производительность, потери клубней, повреждение клубней, надежность с.-х. машины, себе-

стоимость единицы продукции. В современных условиях имеет место применение и прицепных комбайнов, и самоходной техники. Набирает темп активное внедрение интеллектуальных систем, однако наиболее востребованными остаются прицепные картофелеуборочные комбайны, причиной тому являются оптимальные соотношения: стоимость машин, производительность, качество получаемой продукции.

Ключевые слова: картофелеводство, картофелеуборочная техника, этапы развития картофеля, прицепные комбайны, самоходные комбайны, машинная уборка картофеля.

Цитирование. Лучкова И. В., Борычев С. Н. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы. *Известия НВ АУК*. 2020. 2 (58). 419-428. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-41.

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. Картофелеводство – это перспективная отрасль развития сельского хозяйства, особенно для России, так как есть факторы, указывающие на это: во-первых – различие природных условий возделывания картофеля на территории РФ представляет широкий выбор регионов для расширения картофелеводства в различных географических и природных зонах, во-вторых, картофель имеет традиционно весомый вес в питании населения нашей страны. В этой связи в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы появились изменения. Подготовлена подпрограмма «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации». Процесс активного семеноводства неотъемлемо ведет за собой и развитие средств и технологий возделывания и уборки картофеля. Последний этап является самым трудоемким, поэтому актуально остановится именно на нем. Исчерпывающую информацию по данному вопросу можно получить, лишь рассмотрев его историческое развитие.

Целью исследования является изучение технических параметров картофелеуборочных машин, периодизация на их основе этапов развития картофелеуборочной техники и определение современных перспектив.

Материалы и методы. Объектом исследования выступают средства уборки картофеля и их технические характеристики в разные периоды времени. В основе исследования лежат архивные материалы и работы современных ученых, занимающихся данным направлением исследований, в том числе Н. В. Бышов, М. Ю. Костенко, В. М. Переведенцев и др., а также техническая документация (руководство по эксплуатации) [3, 5, 8, 11-13]. При изучении объекта были использованы следующие методы исследования: общий анализ, сравнение элементов и показателей, обобщение, конкретизация, систематизация и частичная формализация.

Результаты и обсуждение. За все время применения средств уборки картофеля произошло много изменений, новаций, конструкторско-инженерных ноу-хау, однако до сих пор ручной труд полностью не ушел из этого процесса.

В развитии средств уборки картофеля можно выделить 5 основных этапа и 4 переходных периода. Выделение основных этапов связано с использованием принципиально новых средств уборки картофеля:

1. Этап ручного труда.
2. Гужевой этап.
3. Тракторный этап.

4. Этап самоходных комбайнов.
5. Этап роботизации.

При этом следует отметить, что достижения предыдущих этапов являются стартовой основой последующих. В связи с этим необходимо выделить переходных периодов, которые обладают признаками предыдущего этапа и последующего:

1. Плужный период.
2. Период элементарной механизации.
3. Период прицепных комбайнов.
4. Период комбайнов с интеллектуальными бортовыми системами.

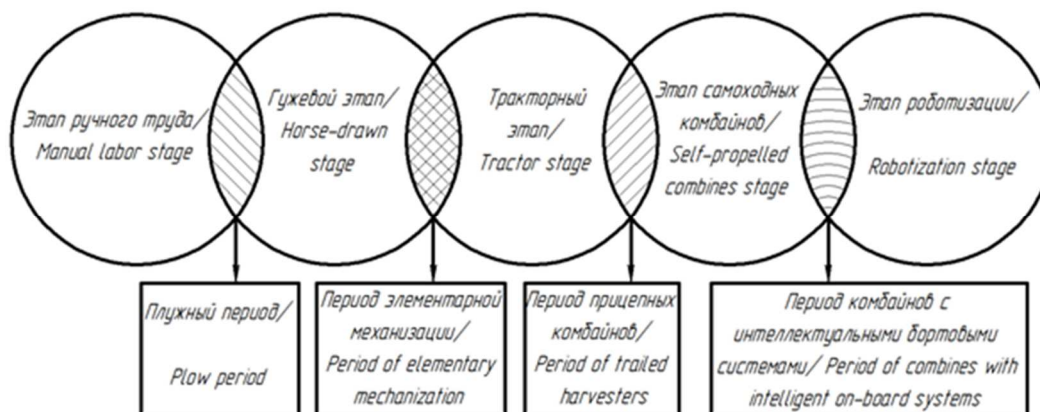


Рисунок 1 – Этапы развития средств уборки картофеля

Figure 1 – Stages of development of potato harvesters

Временные рамки смены этапов развития средств уборки картофеля сильно размыты и не имеют четких границ. Это обусловлено множеством факторов, основными из которых являются:

- объемы и направления производства картофеля (так уборка картофеля для личных нужд до сих пор, как правило, осуществляется традиционно ручным способом);
- промышленная революция и научно-технический прогресс (способствует созданию множества экспериментальных образцов картофелекопателей и иной картофелеуборочной техники, которые не получили распространения);
- образование новых форм хозяйствования (ведет к развитию конкуренции и, как следствие, возрастает потребность в современных средствах уборки картофеля);
- уровень социально-экономического развития (влечет структурные и качественные изменения в развитии производительных сил, при этом способствует развитию техники при наличии сдерживающего стоимостного фактора).

На первом этапе, когда применялся ручной труд, возделывались небольшие площади не более 0,25-0,35 га. Из инструментария были сохи, мотыги, лопаты, вилы. Эту стадию можно назвать огородным периодом, и она продлилась до середины XIX века.

С увеличением убираемых площадей ручные орудия труда менялись на плуги, развитие которых отмечается на плужном периоде. Использование живой тягловой силы в уборке картофеля характерно для гужевого этапа. Этот этап ознаменован появлением конной тяги и специальных приспособлений для раскапывания картофеля, но человеческий труд оставался в большом объеме неизменно. Этот период уже можно назвать полевым, потому что площади возделывания картофеля значительно выросли. Эта стадия длилась до конца 20-х годов XX столетия. Стали появляться картофелекопатели, их усовершенствование определяет период элементарной механизации. Например, во 2-й Рязанской Губернской Сельско-Хозяйственной Кустарно-Промышленной выставке 1923 года среди экспонатов Губсельсклада числился картофелекопатель Предела.

В энциклопедическом словаре Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона (том 14 – 1895 год) подробно описываются картофелекопатели того времени. В литературном источнике указывается, что «назначение картофелекопателей заключается не в ускорении самой работы, но в возможно полной очистке клубней от обыкновенно пристающей к ним земли».

Авторами предлагается все картофелекопатели исходя из их строения разделить на три группы. Копатели первой группы имеют самое простое строение, они похожи на окучник, у которого отвалы заменены рядом из 5-7 расположенных веером железных спиц. Технология уборки представляла собой процесс, при котором поднятая лемехом земля с гнездами картофеля разрыхляется спицами и проваливается в промежутки между ними, а клубни разбрасываются в стороны от орудия и позднее подбираются рабочими. К этой группе отнесены картофелекопатели Говарда, Сакка и др.

Вторая группа представлена картофелекопателями-швырялками. Рабочее устройство обычно состоит из железной рамы, находящейся на двух колесах крупного диаметра. От них в движение приводится вал с прикрепленными на него металлическими стержнями. Данный механизм похож на колесо со спицами, но без обода, который вращается либо параллельно оси машины, следовательно, поперек картофельных борозд, либо по направлению ее движения вдоль борозд. Когда такой копатель приступает к работе, то механизм начинает быстро вращаться, подхватывая поднятую лемехом землю и разбрасывая ее. Справа или слева машины иногда прикрепляют железную планку или проволочную решетку. Эти дополнительные элементы не дают клубням возможности разлетаться далеко в сторону.

Картофелекопатели третьей группы оборудованы решеткой, предназначенной для очищения клубней от земли. В копателе Кобылинского земля, двигаясь через ось колеса, падает на решетку, где картофель и обтрясается, а потом попадает в специальный ящик сзади. Наибольшим спросом пользовались копатели первой группы, но отличным по качеству уборки признано орудие Кобылинского.

Огромную роль в развитии картофелеуборочных средств сыграл Рязанский завод сельскохозяйственных машин («Рязсельмаш»). С 20-х годов XX века он полностью перешел на производство тракторных машин по возделыванию картофеля и почвообрабатывающих орудий. С 1931 г. «Рязсельмаш» выпускает первые отечественные машины для механизации возделывания картофеля, конный окучник для возделывания картофеля. Выпускался также картофелекопатель В-9 с шириной захвата 1,5 м. Он состоит из рамы, опирающейся на 2 ходовых колеса, сиденья для рабочего, рычага включения, дышла с двумя вальками и двустороннего подкапывающего рабочего органа в виде изменённого корпуса окучника. Рабочий орган посредством стойки прикрепляется к раме орудия. При движении картофелекопателя подрезанный слой земли вместе с картофелем разваливается по обеим сторонам, вследствие чего достигается более полный вынос клубней на поверхность почвы, чем при выкопке картофеля плугом. Испытания картофелекопателя В-9 показали, что затрата рабочей силы снижается на 10-15 %, а чистота выкапывания клубней повышается по сравнению с выкапыванием плугом. Среднедневная производительность картофелекопателя В-9 около 1,5 га при одном обслуживающем рабочем. Потребная тяга – 2 лошади [3].

Отсчет тракторного этапа условно можно начать с 1936 года, когда завод «Рязсельмаш» приступил к выпуску сельхозмашин тракторной тяги. Также производством выпускались:

- конный однорядный картофелекопатель марки «К» швыряльного типа (1937 г.);
- тракторный 2-рядный картофелекопатель ТЭК-2 элеваторного типа (1940 г.);
- картофелеуборочный комбайн ИКХ.

В послевоенные годы на заводе было создано специальное конструкторское бюро по механизации возделывания и уборки картофеля. Для полной механизации процесса уборки урожая пытались сконструировать несколько образцов картофелеуборочной техники. В результате коллективной работы «Рязсельмаша» и Тульского комбайнового завода были освоены и выпущены первые серии картофелеуборочных комбайнов КОК и ККР-2 [3].

Опытная партия картофелеуборочных комбайнов К-3 выпускается в 1960 году. В них реализованы новейшие по тому времени достижения и конструктивные решения. Машины оправдали и зарекомендовали себя, особенно на легких и средних почвах.

В 1967 г. в Рязани появилось еще одно машиностроительное предприятие – Рязанский комбайновый завод. Он был выделен на базе «Рязсельмаша». Именно на комбайновом заводе производился серийный выпуск картофелеуборочного комбайна ККУ-2 «Дружба» ряда модификаций. Выпущены десятки тысяч этих комбайнов. Также с конвейера этого завода вышли такие востребованные отечественные модели, как картофелеуборочный комбайн КПК-2-01, ККУ-2А, КПК-3, Е-686, Е-684; копатель картофеля КТН-2В 3-х эл., КТН-2В 2-х эл., ККЭ-2М.

Использование самоходных комбайнов выводит на новый уровень развития картофелеуборочную технику, не требующую дополнительного транспорта для перемещения. Комбайн передвигается на колесах самостоятельно, что обеспечивает его маневренность. Этап появления полноценных картофелеуборочных комбайнов – это уже полная механизация технологического процесса уборки урожая.

В современном мире наибольший спрос имеет следующая картофелеуборочная техника: Grimme Venter 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester и др. [10].

Данный этап является перспективным, так как именно на нем заложена основа автоматизации комбайнов бортовыми системами. Одним из современных элементов внедрения интеллектуальных технологий является оснащение комбайнов самыми разнообразными и сложными бортовыми компьютерами и оборудованием. На мониторе, расположенном в кабине комбайнера, отражается актуальная цифровая и графическая информация: об урожайности убираемого картофеля, производительности техники, скорости движения, уровне заполнения бункера, потерях, повреждениях и др. В то же время современные модернизированные комбайны могут быть оснащены, как минимум, системой картирования урожая и технологиями машинного зрения.

Данный этап не является конечным, так как в процессе уборки картофеля непосредственно участвует человек-комбайнер. В перспективе работать с техникой будет специалист новой формации, владеющий навыками управления роботизированной картофелеуборочной техникой. В условиях цифровизации и развития искусственного интеллекта на смену придут киберкомбайны, и начнется эпоха роботизации.

Наступает эра интеллектуальных технических средства в АПК. Разработчики сельскохозяйственной техники делают попытки применять в своей деятельности результаты агрокибернетики, электроники, интеллектуальные, автоматизированные и роботизированные системы, альтернативные источники энергии. Осуществляются попытки создания умных, самообучаемых машин. Создание роботов, пригодных для работы на картофельном поле, связано с большими трудностями. Однако в некоторых направлениях растениеводства роботы уже применяются [7].

Формирование и совершенствование применяемых орудий и средств уборки картофеля связано с периодами их развития (таблица 1) [1, 2, 4, 9].

Таблица 1 – Периодизация этапов развития картофелеуборочной техники

Table 1 – Periodization of the stages of development of potato harvesting equipment

Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	Временные рамки (условно) / Period (conditionally)	Виды сельскохозяйственного инструмента и техники уборки картофеля / Types of agricultural tools and potato harvesting techniques	Оценочные критерии (усредненные) / Evaluation criteria (averaged)								
			Трудозатраты / Labor	Энергозатраты / Energy	Производительность / Output	Потери клубней / Tubers loss	Повреждение клубней / Damage to tubers	Надежность с.-х. машины / Reliability of agricultural machinery	Себестоимость единицы продукции / Unit cost		
Основные этапы и переходные периоды / Main stages and transitions	Временные рамки (условно) / Period (conditionally)	Виды сельскохозяйственного инструмента и техники уборки картофеля / Types of agricultural tools and potato harvesting techniques	1. Этап ручного труда / 1. Manual labor stage	До середины XIX века – по настоящее время в ЛПХ / Up to mid XIX century - up to now in household farms	Соха, мотыга, лопата, вилы / Wooden plow, hack, spade, pitchfork	+++	--	--	--	x	+
			Плужный период / Plow period	Отвалный плуг / Single-furrow plow	+++	--	--	--	--	--	+
Период элементарной механики / Period of elementary mechanization	2. Гужевой этап / 2. Horse-drawn stage	Примитивные картофелекопатели (картофелекопатель Предела, копатель Паулуса, копатель Кобылинского / Primitive potato diggers (Predel potato digger, Paulus digger, Kobylinsky digger) Картофелекопатель В-9, конный однорядный картофелекопатель марки «К» швыряльного типа / V-9 potato digger, horse-drawn single-tow potato digger of brand «K» of the throwing type	По 20-е года XX века / Up to the 1920s			+	--	--	--	--	++
			3. Тракторный этап / 3. Tractor stage	С 50-х годов XX века– по настоящее время / Since 1950s - to the present	Картофелеуборочные комбайны КОК и ККР-2, К-3, ККУ-2 «Дружба» / Potato harvesters KOK and KKR-2, K-3, KCU-2 «Friendship»	+	+	++	++	+	+
Период прицепных комбайнов / Period of trailed harvesters	4. Этап самоходных комбайнов / 4. Self-propelled combines stage	Комбайны бункерного и элеваторного типов фирм AVR и Dewulf (Бельгия), Grimme (Германия), Рязсельмаш (СССР) / Bunker and elevator combines AVR and Dewulf (Belgium), Grimme (Germany), Ryazselmash (USSR)	С 70-х годов XX века – по настоящее время / Since 1970s - to the present			--	+	++	--	+++	--
			Начало XXI века – по настоящее время / The beginning of the XXI century - to the present	Grimme Vektor 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester / Grimme Vektor 530, Dewulf Kwatro Xtreme, Ploeger AR 4BX, AVR Puma 3, Lockwood 673 Airharvester	--	++	+++	--	+++	+	
Период интеллектуальными бортовыми системами / Period of combines with intelligent on-board systems	5. Этап роботизации картофелеуборочной техники / 5. Robotization stage	Комбайны с высокой степенью роботизации технологических процессов / Combines with a high degree of robotization of technological processes	2010 год – по настоящее время / 2010 – to the present			--	+++	+++	--	+	+
			Условные обозначения / Values	+++ очень высокое значение / +++ very high value	++ высокое значение / ++ high value	+	низкое значение / low level value	-- очень низкое значение / -- very low value			

Средства уборки картофеля непрерывно изменяются в сторону уменьшения затрат труда и увеличения элементов роботизации. Однако в современных условиях имеет место применения и прицепных комбайнов, и самоходной техники, и набирает темп активное внедрение интеллектуальных систем (например, машинное зрение) как в первую, так и вторую группу картофелеуборочной техники, поэтому актуальным является определение оптимальности их использования [6]. В таблице 2 представлены некоторые релевантные технические и стоимостные параметры, обосновывающие выбор картофелеуборочной техники. Так как существует достаточно большой выбор средств уборки картофеля с дифференциально разными техническими показателями производительности и стоимостными критериями, то в качестве примера использована техника немецкого производителя Grimme.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технических параметров картофелеуборочных машин

Table 2 – Comparative characteristics of the technical parameters of potato harvesters

Техническая характеристика комбайна / Harvester specifications	Типы картофелеуборочных машин / Types of potato harvesters		
	Прицепные комбайны (Grimme SE 150-60) / Trailed harvesters (Grimme SE 150-60)	Самоходные комбайны (Grimme SF 150-60) / Self-propelled harvesters (Grimme SF 150-60)	Комбайны с высокой степенью роботизации технологических процессов (На примере Grimme) / Combines with a high degree of robotization of technological processes (For example Grimme)
Производительность за час основного времени, га/час / Productivity per hour of the main time, ha/hour	0,2-0,4	0,4	0,5
Количество убираемых рядков, шт. / The number of rows to be harvested, pcs.	2	2	2
Количество обслуживающего персонала, чел. / The number of staff, persons	2-4	2-4	1
Вместимость бункера, т / Hopper capacity, t	6	6	6
Ходовой механизм / Travelling gear	Колесный / Wheeled	Колесный / Wheeled	Колесный / Wheeled
Стоимость агрегата, млн. руб. / Unit cost, million rubles	9,6	13,1	26,5
Себестоимость, тыс. руб./т /Cost of sales, thousand rubles/t	10,5	11,3	12,1
Потери клубней, % / Tubers loss, %	4,1	4,2	3,4
Повреждение клубней, % / Damage to tubers, %	9,1	7,4	6,2

В целях визуального анализа данных таблицы 2, построим диаграмму по заданным показателям, которые имеют усредненное значение (рисунок 2).

Представленная диаграмма акцентирует внимание на том, что прицепные картофелеуборочные комбайны при более низкой ценовой категории обладают техническими параметрами, ненамного уступающими самоходные машины. При оценке предпочтение отдается критериям соотношения стоимости машины, производительности и качеству получаемой продукции.

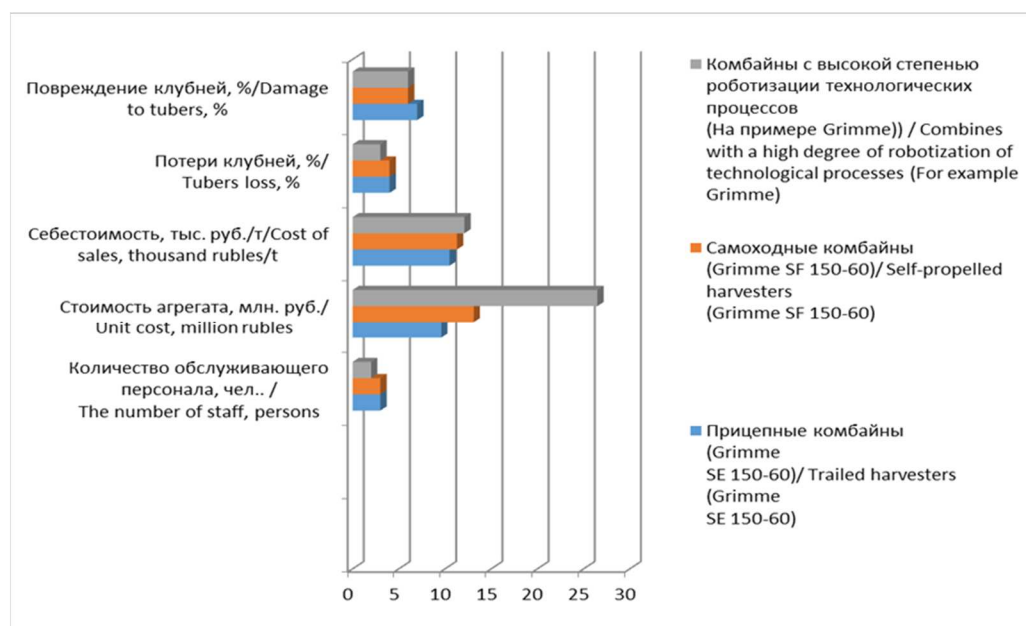


Рисунок 2 – Основные параметры картофелеуборочных машин

Figure 2 – The main parameters of potato harvesters

Выводы. Результаты исследований технических параметров картофелеуборочных машин позволили выделить 5 основных этапов развития картофелеуборочной техники, отличающихся использованием принципиально новых средств уборки картофеля. При этом определены 4 переходных периода, которые обладают признаками предыдущего этапа и последующего. Каждый исторический этап и период представлен типичными для того времени видами сельскохозяйственного инструмента и техники уборки картофеля. Сравнительная характеристика технических параметров установила непрерывные изменения в сторону уменьшения затрат труда и увеличения элементов роботизации. На современном этапе наиболее востребованными по соотношению стоимости машины, производительности и качеству получаемой продукции являются прицепные картофелеуборочные комбайны. Таким образом, в настоящее время приоритетные перспективы развития и совершенствования имеет прицепная картофелеуборочная техника (комбайны).

Библиографический список

1. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, А. М. Кравченко, В. А. Ксендзов, М. Б. Угланов, И. А. Успенский, А. В. Шемякин, Н. А. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 985-1000.
2. Влияние конструктивно-технологической схемы на показатели работы ртофелеуборочной машины / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, Н. Г. Байбобоев, Н. С. Жбанов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 108-114.
3. История развития техники для уборки картофеля / И. А. Успенский, С. Н. Борычев, И. Н. Кирюшин, А. С. Колотов // Сельский механизатор. 2013. № 5. С. 4-5.
4. К вопросу надежности картофелеуборочных машин / Н. Н. Новиков, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Н. Бышов, Д. А. Лапин, Н. А. Костенко // Техника и оборудование для села. 2018. № 9. С. 25-28.
5. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Саудабаева А. Ж. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 105-112.

6. Основы снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля): монография / И. А. Успенский [и др.]. Рязань, 2010. 276 с.

7. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 262-269.

8. Прогнозирование качества работы картофелеуборочной машины / М. Ю. Костенко, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин, Н. А. Костенко // Сельский механизатор. 2013. № 5 (51). С. 6-7.

9. Снижение повреждаемости сельскохозяйственной продукции (на примере картофеля) при использовании пневмоконтейнера / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Шемякин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. №1 (37). С. 104-108.

10. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов, Н. Н. Колчин, Я. П. Лобачевский, Н. Г. Кынев // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 43-47.

11. Biologically active nanomaterials in production and storage of arable crops / S. D. Polischuk, G. I. Churilov, D. G. Churilov, S. N. Borychev, N. V. Byshov, D. V. Koloshein, O. V. Cherkasov // International Journal of Nanotechnology. 2019. №16 (1/2/3). P. 133-146.

12. Features of applying biological preparations in the technology of potato growing on gray forest soils / D. V. Vinogradov, O. N. Terekhina, N. V. Byshov, M. M. Kryuchkov, N. I. Morozova, O. A. Zakharova // International Journal of Engineering and Technology. 2018. №7 (4.36). P. 242-246.

13. Validating the parameters of the rotary device for potato haulm removal / N. V. Byshov, S. N. Borychev, Yu. N. Abramov, M. B. Uglanov, M. Yu. Kostenko, G. K. Rembalovich // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. V. 12. № S5. P. 312-322.

Conclusions. The results of studies of the technical parameters of potato harvesters made it possible to distinguish 5 main stages in the development of potato harvesting machines, which differ in using fundamentally new potato harvesters. At the same time, 4 transitional periods having features of the previous stage and the next one were determined. Each historical stage and period is represented by typical for that time types of agricultural tools and potato harvesting techniques. A comparative characteristic of technical parameters has established continuous changes in reducing labor costs and increasing robotization. At the present stage, trailed potato harvesters are the most demanded in terms of the ratio of the cost of the machine, productivity and quality of the products obtained. Thus, at present trailed potato harvesting equipment (harvesters) is the priority prospects for development and improvement.

Authors Information

Luchkova Inna Vasilyevna, Graduate Student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (390044, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: innaluchkova@mail.ru.

Borychev Sergey Nikolaevich, First Vice-Rector, Head of Department "Construction of Engineering Structures and Mechanics" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (390044, Ryazan, Kostychev Str., 1), Doctor of Technical Science, Full Professor, e-mail: 89066486088@mail.ru.

Информация об авторах

Лучкова Инна Васильевна, аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: innaluchkova@mail.ru., тел.: +79209506458.

Борычев Сергей Николаевич, первый проректор, заведующий кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор, e-mail: 89066486088@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M. To the question of developing the law and the program of development of the wine grades and wine-making industry in the Volgograd region	
Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. К вопросу разработки закона и программы развития отрасли виноградарства и виноделия в Волгоградской области	14
Borovoy E. P., Khodyakov E. A., Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M. Stages of development of drip irrigation in Crimea.	
Боровой Е.П., Ходяков Е. А., Джапарова А. М., Кременской В. И. Этапы развития капельного орошения в Крыму	29
Vasilyev Yu. I., Belyakov A. M., Nazarova M. V. Modeling of connection of crop yields of volgograd region and precipitation in may and june	
Васильев Ю.И., Беляков А. М. Моделирование связи урожайности зерновых культур Волгоградской области и осадков мая-июня	39
Zelenev A. V., Markova I. N., Chamurliiev G. O. Dynamics of growth and development of spring wheat species in the Lower Volga region	
Зеленев А. В., Маркова И. Н., Чамурлиев Г. О. Динамика роста и развития видов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья	45
Koleboshina T.G., Bajbakova N.G., Varivoda E.A., Egorova G.S. Comparative assessment of new varieties and hybrid populations of melon	
Колебошина Т.Г., Байбакова Н. Г., Егорова Г. С., Варивода Е. А. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни	57
Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V. Comparative economic assessment of various natural sorbent for wastewater treatment	
Овчинников А.С., Бочарников В. С., Денисова М. А., Бочарникова О. В., Козинская О. В. Сравнительная экономическая оценка различных природных сорбентов для очистки сточных вод	65
Kuznetsova N. V., Kuznetsov Yu. V., Kozinskaya O. V., Denisova M. A. The influence of hydraulic parameters on the quality of irrigation	
Кузнецова Н. В., Кузнецов Ю. В., Козинская О. В., Денисова М. А. Влияние гидравлических параметров на качество полива	73
Petrov N. Yu., Yudaev I. V., Kuvshinova E. K., Rodionova S. A. Biological activity and the influence of gumavita on seed germination.	
Петров Н.Ю., Юдаев И. В., Родионова С. А., Кувшинова Е. К. Биологическая активность и влияние Гумавита на прорастание семян	83
Solonkin A. V., Nikolskaya O. A., Kikteva E. N. The study of the components of winter hardiness of plums of various origin	
Солонкин А.В., Никольская О.А., Киктева Е.Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения	95
Tumanyan A. F., Keegoui Gertrude, Zaytseva N. A., Zaytsev S. V. Assessment of the influence of growth regulators on tomato yield structure in drip irrigation	
Туманян А.Ф., Кигуи Гертруда, Зайцева Н. А., Зайцев С. В. Оценка влияния регуляторов роста на структуру урожая томатов при капельном орошении	104

Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Chernik D. V. Effectiveness of growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage in arid conditions of the North-Western Caspian sea	
Тютюма Н.В., Бондаренко А. Н., Черник Д. В. Эффективность ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия	114
Churzin V.N., Dubovchenko D.O. Photosynthetic productivity in crops of winter heat varieties depending on the use of agrochemicals on chernozems of the Volgograd region	
Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Фотосинтетическая продуктивность в посевах сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов на черноземах Волгоградской области	123
Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Comprehensive rationale for the cultivation of sweet pepper in a changing climate of the Lower Volga	
Калмыкова О.В., Петров Н.Ю., Калмыкова Е.В. Комплексное обоснование приемов возделывания перца сладкого в условиях меняющегося климата Нижнего Поволжья	130
Kudryashova N. I., Bulakhtina G. K., Hyupinin A. A. The influence of agricultural practices on the structure of the crop and the yield of legume-bluegrass mixtures in light chestnut soils of the Astrakhan region	
Кудряшова Н.И., Булахтина Г.К., Хюпинин А.А. Влияние агроприемов на структуру урожая и продуктивность бобово-мятликовой травосмеси в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области	146
Romanov B. V., Pimonov K. I. Homologous to a mild form of wheat <i>Triticum kiharae dorof. et migusch.</i>	
Романов Б. В., Пимонов К. И. Гомологичная мягкой пшенице форма из <i>Triticum kiharae dorof. et migusch</i>	153
Bakaneva A.A. Migration of heavy metals in the ecosystems of the Volga-Akhtuba floodplain according to the seasons of the year	
Баканева А.А. Миграция тяжелых металлов в экосистемах Волго-Ахтубинской поймы по сезонам года	164
Seminchenko E. V. The yield of winter wheat, depending on its predecessor, as it moves away from the forest shelter belt	
Семинченко Е.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника по мере удаления от лесополосы	170
Sinelnikova K. P. Aerospace analysis of the current state of agricultural land in the Don ridge	
Синельникова К.П. Аэрокосмический анализ современного состояния сельскохозяйственных угодий Донской гряды	176
Ramazanov D. M., Magomedova D. S., Kurbanov S. A. Methods for basic soil treatment and pepper yield in the plain zone of Dagestan	
Рамазанов Д.М., Курбанов С.А., Магомедова Д.С. Приемы основной обработки почвы и урожайность перца в равнинной зоне Дагестана	185

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

Gorlov I.F., Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Anisimova E. U., Mosolova D. A., Tsitsige. Study of MSTN gene polymorphism in Mongolian cattle	
Горлов И. Ф., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю., Мосолова Д.А., Цицигэ. Исследование полиморфизма гена MSTN у монгольского скота	196

Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Illarionova N. F., Fedorov V. Kh. Features of zone ar-rangement of don sheep and goat breeding Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Федоров В. Х., Илларионова Н. Ф. Особенности зонального размещения донского овцеводства и козоводства	205
Melikhov V. V., Frolova M. V., Moskovets M. V., Toropov A. Yu. Use of the chlorella sus-pension in harvesting and its influence on handbook freedom and safety Мелихов В.В., Фролова М. В., Московец М. В., Торопов А. Ю. Использование суспензии хлореллы в перепеловодстве и влияние ее на выводимость и сохранность перепелят	214
Fedotova G. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Gluschenko A. V., Vorontsova E. S., Mosolova D. A. Neural network forecasting of the development of dairy farming in the Volgograd region Федотова Г. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Глущенко А. В., Воронцова Е. С., Мосолова Д. А. Нейросетевое прогнозирование развития молочного животноводства Волгоградской области	223
Hramova V. N., Skachkov D. A., Guliyeva N. H., Hramova Ya. I., Vorontsova E. S. Research of the biological value of the national meat product enriched with collagen protein hydrolysate Храмова В. Н. , Скачков Д. А., Гулиева Н. Г., Храмова Я. И., Воронцова Е. С. Исследование биологической ценности национального мясного продукта, обогащенного гидролизатом коллагенового белка	240
Ostapchuk P.S., Kuevda T.A., Yemelyanov S.A., Kashirina A.N., Yermolaeva V.M., Zyblytskaya Yu.E., Makalish P.T., Ostapova S.V. Influence of Satureja Montana essential oil on biological indicators formation of broiler chickens Остапчук П. С., Куевда Т. А., Емельянов С. А., Каширина Н. А., Ермолаева М. В., Зяблицкая Е. Ю., Макалиш Т. П., Остапова В. С. Влияние эфирного масла <i>Satureja Montana</i> на формирование биологических признаков цыплят-бройлеров	251
Pozovnikova M. V., Mitrofanova O. V., Dementieva N. V. Estimation of the occurrence of a HCD genetic defect in herds of Holstein cattle in the Northwest region Позовникова М.В., Митрофанова О. В., Дементьева Н. В. Оценка встречаемости генетического дефекта HCD в стадах голштинского скота Северо-Западного региона	265
Siyanova I. V. Morphobiochemical parameters of blood and morphometric parameters of heart and liver tissue of young egg hens under monochromatic and white illumination Сиянова И. В. Морфобиохимические показатели крови и морфометрические параметры ткани сердца и печени молодняка яичных кур при монохроматическом и белом освещении	271
Zubochenko D.V. The functioning model of the industrial rabbit enterprise. Зубоченко Д.В. Модель функционирования промышленного кролиководческого предприятия	280

Brazhnik E. A., Melikidi V. H., Laptev G. Yu., Kochetkova O. V., Ar'kov D. P. Modeling of quality control processes of finished products in the production of microbiological additives for animals Бражник Е. А., Меликиди В. Х., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В., Арьков Д. П. Моделирование процессов контроля качества готовой продукции при производстве микробиологических добавок для животных	295

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING**

Borodychev V.V., Lytov M.N. Technological functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and integrated crop protection from climatic risks Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков	307
Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. Studies of hydraulic characteristics of a circular sprinkler machine Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия	319
Byshov N. V., Uspensky I. A., Tsymbal A. A., Yukhin I. A., Fadeev I. V. Mi- trokhina Ye.V, Kulik S.N. Influence of the size of the gap on the speed of crevice cor- rosion of automotive equipment Бышов, Н. В., Успенский, И. А., Цымбал А. А., Юхин, И. А., Фадеев, И. В. Митрохина Е.В., Кулик С.Н. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники	328
Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I., Fandeev S. Yu. Improving the efficiency of use grain harvesters by using removable grain bunkers Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И., Фандеев С.Ю. Повышение эффективности использования зерноуборочных машин за счет применения сменных бункеров зерна	337
Simdiankin A. A., Uspensky I. A., Belyu L. P., Filiushin O. V. Apples' damage after trans-ortation Симдянкин А.А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках	346
Shukhanov S. N., Dorzhiyev A. S. Analysis of factors affecting quality of operation of ap-paratus for grinding of root-and-root plants by method of active experiment Шуханов С. Н., Доржиев А. С. Анализ факторов, влияющих на качество работы аппарата для измельчения корнеклубнеплодов методом активного эксперимента	356
Shaprov M.N., Sedov A.V., Gurba A.V. Analysis of technologies and methods of harvesting melons Шапров М.Н., Седов А.В., Гурба А.В. анализ технологий и способов уборки бахчевых культур	363

Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubny O.I. Grain losses from increase terms of harvesting grain crops Ряднов А. И., Поддубный О. И., Федорова О. А. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур	375
Vorob'eva N. S., Djashkin A. V., Djashkin-Titov V. V., Ivanov A. G., Fomin S. D. Methods of kinematic synthesis of manipulator-tripod control algorithms Воробьева Н.С., Дяшкин А. В., Дяшкин-Титов В. В., Иванов А. Г., Фомин С. Д. Методы кинематического синтеза алгоритмов управления манипулятором-триподом	384
Slabunova A. V., Slabunov V. V. Modern problems of conceptual and terminological apparatus in the field of land reclamation Слабунова А. В., Слабунов В. В. Современные проблемы понятийно-терминологического аппарата в области мелиорации земель	396
Borodychev V. V., Dobrachev Yu. P., Buber.A. A., Menshikova S. A. Factor analysis of data on the yield of early potatoes in the field experiment and processing of simulation results Бородычев В.В., Добрачев Ю. П., Бубер А. А., Меншикова С. А. Факторный анализ данных по урожайности раннего картофеля в полевом опыте и обработка результатов имитационного моделирования	404
Luchkova I. V., Borychev S. N. The development of potato harvesting technology and its current prospects Лучкова И. В., Борычев С. Н. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы	419
Содержание	429

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2020

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 2020

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(58), 2020

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (58), 2020**

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 31945

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Дата выхода 09.07.2020.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 77.

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 (58), 2020**

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 02.14.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index 31945

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 09.07.2020.

Edition 1000 (first factory 100). Order 77.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University "Niva"
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price